



**APAT**

Agenzia per la protezione dell'ambiente  
e per i servizi tecnici



EUROPE

# Cambiamenti climatici ed eventi estremi

Rischi per la salute in **Italia**



## **Note Legali**

L'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici e le persone che agiscono per conto dell'Agenzia stessa non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

APAT - Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici

Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma

Via Curtatone, 3 - 00100 Roma

[www.apat.it](http://www.apat.it)

©APAT

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Traduzione italiana a cura di Qualitalia S.r.l.

Edizione APAT a cura di Luciana Sinisi e Jessica Tuscano

Grafica di copertina a cura di Franco Iozzoli

ISBN 978 88 848 0309 4

"Issued in English by the WHO Regional Office for Europe under the title ."Health risks of climate change and variability in Italy".

© World Health Organization ,

"The translator of this publication is responsible for the accuracy of the translation."

## Ringraziamenti

Questa pubblicazione è il risultato di un progetto collaborativo tra APAT e il Centro Europeo per Salute e Ambiente dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO European Centre for Environment and Health). Vorremmo ringraziare Luciana Sinisi (APAT), Michele Faberi e Roberto Bertollini per questa iniziativa e lo spirito di collaborazione.

Questa pubblicazione non sarebbe stata possibile senza i contributi e le conoscenze fornite da Marco Bindi, Centro interdipartimentale di Bioclimatologia Università di Firenze; Monica Francesca Blasi, Istituto Superiore di Sanità; Mario Carere, Istituto Superiore di Sanità; Lorenzo Cecchi, Centro interdipartimentale di Bioclimatologia Università di Firenze; Luciana Croci, Istituto Superiore di Sanità; Valentina Della Bella, Istituto Superiore di Sanità; Franco Desiato, APAT; Francesca de Donato, Dipartimento di Epidemiologia ASL Roma E; Francesco Forestiere, Dipartimento di Epidemiologia ASL Roma E; Enzo Funari, Istituto Superiore di Sanità; Domenico Gaudio, APAT; Ursula Kirchmayer, Dipartimento di Epidemiologia ASL Roma E; Anna Luise, APAT; Giancarlo Majori, Istituto Superiore di Sanità; Laura Mancini, Istituto Superiore di Sanità; Stefania Marcheggiani, Istituto Superiore di Sanità; Angiolo Martinelli, ARPA Umbria; Francesco Mattera, Istituto Superiore di Sanità; Paola Michelozzi, Dipartimento di Epidemiologia ASL RM/E; Marina Miraglia, Istituto Superiore di Sanità; Marco Morabito, Centro interdipartimentale di Bioclimatologia Università di Firenze; Marco Morindo, Centro interdipartimentale di Bioclimatologia Università di Firenze; Antonio Navarra, INGV; Simone Orlandini, Centro interdipartimentale di Bioclimatologia Università di Firenze; Mara Stefanelli, Istituto Superiore di Sanità; e Andrea Toreti, APAT.

I redattori ringraziano inoltre i seguenti esperti per aver partecipato alle consultazioni sulla Valutazione degli Impatti dei Cambiamenti Climatici sulla Salute in Italia, che si sono svolte a Roma il 23 Novembre 2005 e il 19 Ottobre 2006: Dr Carlo Peducci, Dipartimento di Epidemiologia, ASL Roma E; Dr Luciana Sinisi, APAT; Dr Francesca de Maio, APAT; Dr Valentina Minardi, Istituto Superiore della Sanità; Giorgio Bartolini, Centro Interdipartimentale di Bioclimatologia Università di Firenze; Bernardo Gozzini, CNR-IBIMET, Istituto di Biometereologia; and Roberto Vallorani, CNR-IBIMET, Istituto di Biometereologia.

Questo documento ha superato molti passaggi di revisione da parte di esperti e vorremmo ringraziare coloro che hanno offerto in aggiunta dei commenti, ma non sono qui elencati.

Ringraziamo per la versione italiana Luciana Sinisi

Si auspica che questa pubblicazione possa contribuire all'ampliamento del dibattito in Italia sulle tematiche affrontate e possa essere di supporto allo sviluppo di ulteriori iniziative in questo campo.

Bettina Menne

Tanja Wolf

Cambiamenti Globali e Salute

Organizzazione Mondiale della Sanità

Regione Europea

# Prefazione I

*Roberto Bertollini OMS  
Direttore del programma speciale sulla salute e l'ambiente  
Organizzazione Mondiale della Sanità  
Regione Europea*

Come evidenziato nel quarto rapporto di valutazione dell'IPCC (International Panel on Climate Change) di recente pubblicazione, il mutamento del clima e la sua variabilità sono e saranno una minaccia per la salute umana. Il mutamento climatico influisce sulla salute direttamente (tramite ad esempio l'aumento dello stress da calore, la perdita di vite in alluvioni e tempeste) e indirettamente tramite il cambiamento nella distribuzione geografica degli insetti vettori di malattia (ad esempio le zanzare), degli agenti patogeni veicolati dall'acqua e dagli alimenti nonché dalla scarsità di acqua e dall'inquinamento atmosferico.

In Italia, le ondate di calore nel 2003, ma anche il mutato regime delle piogge e delle temperature, nonché il visibile effetto sulla flora e sulla fauna, stanno dando un segnale forte della sfida che la sanità pubblica dovrà fronteggiare adesso e nel prossimo futuro. I Paesi del Mediterraneo e, con essi, l'Italia sono tra le regioni del mondo più vulnerabili ai mutamenti climatici. A causa del ritardo, globale e nazionale, nel dare corpo ad azioni efficaci per mitigare gli effetti del fenomeno, le misure per limitare le conseguenze sulla società del cambiamento climatico richiederanno uno sforzo maggiore per la messa in opera di misure efficaci di adattamento.

Ritengo che questo primo rapporto sul mutamento climatico in Italia dia conto della necessità, sia di un maggiore approfondimento, sia di un'azione immediata. Il rapporto mostra che è possibile informare in anticipo la popolazione sui possibili rischi e sui relativi impatti: che questa informazione può essere molto utile per preparare la cittadinanza la società tutta agli eventi avversi, nonché per facilitare le azioni di contrasto. Si tratta di un approccio innovativo in sanità pubblica che ne ribalta l'approccio tradizionale: dalla descrizione di cosa è già accaduto, all'azione preventiva basata su previsione, sorveglianza, monitoraggio e preavviso per prevenire gli effetti sulla salute di vaste popolazioni. Questo approccio richiede lo sviluppo di politiche che rispondano efficacemente agli eventi attesi, attraverso un ruolo più attivo di cittadini informati e un rafforzamento delle alleanze con diversi settori economici e sociali. Allo stesso tempo è necessario, assicurare che i servizi esistenti siano mantenuti e migliorati per garantire una risposta efficace. Le strategie di adattamento avranno bisogno di affrontare il tema della salute in un

contesto di più vasta portata, assieme ad altri interventi: questa sinergia, con il raggiungimento di risultati, garantirà una maggiore sostenibilità dei costi e un miglior rapporto con i benefici attesi.

La preparazione di questo rapporto ha suscitato numerose conclusioni e raccomandazioni per l'Italia e per l'intera comunità internazionale. La sfida è ora tradurre questa conoscenza in politiche, azioni e, quando necessario, ulteriore ricerca per migliorare la modellistica, l'arco di tempo della previsione e rafforzare l'efficacia delle strategie di adattamento e di mitigazione. Se vengono intraprese azioni per mitigare il fenomeno, per diminuirne la portata o la velocità o l'intensità, assieme a politiche e provvedimenti per adattarvi la società, l'impatto del mutamento climatico potrà essere limitato, così come protetta la salute delle generazioni presenti e future. Noi speriamo che questo rapporto possa contribuire alla messa in opera di interventi concreti senza ulteriori, poco giustificabili, ritardi. Il tempo dell'azione è adesso!

Roberto Bertollini

Roma 18 Giugno 2007

## Prefazione II

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) ha stimato sulla base delle evidenze disponibili che circa il 20% della mortalità in Europa è attribuibile a cause ambientali note.

Questo dato evidenzia ancora di più l'importanza di mettere in atto efficaci azioni conoscitive sui fattori ambientali di rischio per la salute. Per questo motivo l'Agenzia da tempo ha posto questo settore di attività tra le priorità della propria programmazione.

D'altra parte il monitoraggio dell'ambiente in senso lato rappresenta di per sé il nocciolo duro della missione dell'APAT, nella consapevolezza che tale mandato potrà essere svolto nel modo migliore solo attraverso la costruzione di un'efficace rete di collaborazione con tutti quei soggetti che hanno competenza in materia di azione conoscitiva.

Tale esigenza è ancora più sentita nel caso delle attività di monitoraggio finalizzate alla identificazione dei determinanti ambientali di patologie, in quanto la selezione di detti determinanti non può non essere il frutto della cooperazione tra operatori dei due settori contigui: quello ambientale e quello sanitario.

E' proprio con riferimento a questo criterio che l'Agenzia ha già da tempo messo in atto fattive collaborazioni con Organismi del settore sanitario, in primo luogo con l'OMS e Istituto Superiore di Sanità, per programmare e attuare le proprie iniziative volte a valutare i livelli di esposizione della popolazione ai diversi fattori di rischio per la salute.

Tra le iniziative che già hanno prodotto importanti documenti informativi, si citano i due rapporti (1999 e 2005) sugli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico nelle città metropolitane, realizzati in collaborazione con l'OMS.

L'attenzione di APAT non è stata comunque rivolta solo all'approfondimento della conoscenza di fattori di rischio già noti, ma anche allo studio ed analisi di quelli emergenti, come ad esempio in tema di rumore, campi elettromagnetici, siti contaminati e, non ultimo, quelli collegati a nuovi scenari ambientali al fine di pianificare il potenziamento delle proprie attività di prevenzione ambientale.

In quest'ottica APAT ha dato avvio al progetto in tema di correlazione tra cambiamenti climatici e salute, in collaborazione con l'OMS la quale da anni ha investito molte risorse sulla tematica e ha prodotto contributi sostanziali per il IV Rapporto dell'IPCC.

I Cambiamenti Climatici sono infatti il rischio ambientale emergente e la priorità delle Agende politiche della maggioranza degli Stati tra cui l'Italia e l'intera problematica è, sotto molti profili, ancora una sfida tecnica per chi, a livello istituzionale, deve misurare le proprie forze, pianificare ed agire in modo efficace e mirato per contrastare fenomeni avversi, di medio e lungo periodo, incompatibili con lo sviluppo sostenibile dell'intero Sistema Paese.

La conoscenza dei potenziali impatti su salute, benessere e sopravvivenza associati agli effetti ambientali delle mutazioni meteo-climatiche è un passaggio fondamentale per APAT, specie in questo momento che vede l'Agenzia, e l'intero Sistema delle Agenzie ambientali, pienamente coinvolte nel supporto tecnico-scientifico al Ministero dell'Ambiente alle attività di elaborazione di una strategia nazionale d'adattamento ai cambiamenti climatici che sarà l'obiettivo principale delle attività della Conferenza Nazionale sul Clima del prossimo mese di settembre.

Anche all'interno di questo importante appuntamento, il Rapporto APAT - OMS potrà fornire utili contributi per una prima analisi degli impatti nel contesto socio-economico nazionale e, rispetto alle capacità di quest'ultimo, delle possibili opzioni di adattamento.

I contributi alla realizzazione del Rapporto, sono frutto di una valutazione esperta delle informazioni ambientali e meteorologiche disponibili nonché dei risultati più accreditati della ricerca sanitaria internazionale e nazionale afferente alla materia clima e salute.

Gli elementi contenuti in questa prima analisi nazionale possono già consentire riflessioni proattive sui punti di forza e debolezza dei nostri attuali sistemi di informazione e conoscenza sugli effetti ambientali emergenti.

Lo studio degli scenari futuri richiede il nostro massimo impegno, soprattutto per promuovere collaborazioni strategiche tra le diverse istituzioni coinvolte a vario titolo nella gestione dei sistemi di prevenzione e risposta ai cambiamenti climatici e, non di meno, per tradurre il nostro bagaglio conoscitivo in una forma di comunicazione che favorisca la indispensabile partecipazione informata dei cittadini.

Giancarlo Viglione  
Commissario Straordinario APAT



# Indice

Ringraziamenti.....	3
Prefazione I.....	5
Prefazione II.....	7
Indice.....	9
Indice delle Figure.....	10
Lista delle Tabelle.....	11
Introduzione.....	12
1.1 Lo stato dell'arte su cambiamenti climatici e la salute.....	13
1.2 L'attribuzione degli effetti dei cambiamenti climatici sulla salute.....	16
1.3 Il framework di questa valutazione.....	18
1.4 I contenuti di questa pubblicazione.....	20
2 I Cambiamenti climatici e la variabilità del clima in Italia.....	22
2.1 Il contributo dell'Italia ai cambiamenti climatici.....	23
2.2 I cambiamenti climatici osservati in Italia.....	27
2.3 Scenari dei cambiamenti climatici in Europa.....	36
3 Impatti ambientali di rilevanza per la salute osservati e prevedibili da cambiamento e variabilità del clima in Italia.....	46
3.1 Ciclo dell'acqua, acque interne e marino -costiere.....	47
3.2 Ecosistemi, sistemi forestali e agricoltura.....	57
3.3 Ambiente urbano e settori socio-economici.....	65
4 Impatti e rischi potenziali per la salute in Italia da cambiamento e variabilità del clima.....	74
4.1 Effetti del caldo sulla salute.....	76
4.2 Effetti del freddo sulla salute.....	85
4.3 Inondazioni e salute.....	87
4.4 Qualità dell'aria e salute.....	89
4.5 Le malattie da vettore.....	95
4.6 Sicurezza alimentare.....	103
4.7 Qualità delle acque e salute.....	106
5 Attuali strategie per ridurre gli impatti dei cambiamenti e della variabilità del clima sull'ambiente e sulla salute.....	117
5.1 Introduzione.....	117
5.2 Riduzione dei gas ad effetto serra: mitigazione.....	120
5.3 L'adattamento.....	133
5.4 Azioni della salute pubblica per affrontare i cambiamenti climatici.....	135
6 Conclusioni.....	159
Bibliografia.....	168
Lista degli Autori.....	182

## Indice delle Figure

Figura 1: Impatti e rischi per la salute da cambiamenti climatici ed eventi estremi.....	19
Figura 2: Tendenza delle emissioni dei gas serra in Italia, suddivise per gas .....	25
Figura 3: Tendenza delle emissioni dei gas serra in Italia, suddivise per settore .....	25
Figura 4: Fonti di emissione di CO <sub>2</sub> nel settore energetico .....	26
Figura 5: Andamenti delle temperature medie quinquennali e anomalie delle precipitazioni .....	29
Figura 6: Caratteristiche delle ondate di calore dell'estate 2003.....	33
Figura 7: Andamento delle giornate estive in Italia .....	35
Figura 8: Andamento delle notti tropicali in Italia.....	35
Figura 9: Andamento delle giornate di gelo in Italia .....	36
Figura 10: Medie del multi-modello valutazione del range del riscaldamento superficiale .....	38
Figura 11: Cambiamenti di temperature secondo lo scenario A2 .....	40
Figura 12: Cambiamento delle precipitazioni sotto scenario A2 .....	41
Figura 13: Cambiamenti delle precipitazioni secondo lo scenario B2 .....	41
Figura 14: Precipitazioni globali sotto lo scenario A2 .....	43
Figura 15: Cambiamenti delle temperature a livello globale secondo lo scenario A2 .....	44
Figura 16: Impatti e rischi per la salute da cambiamenti climatici ed eventi estremi.....	46
Figura 17: Variazione annuale della portata del bacino dei fiumi .....	48
Figura 18: Framework logico del processo di desertificazione .....	50
Figura 19: Regioni italiane: rischi di inondazioni e di frane.....	54
Figura 20: Variazione della ricchezza di specie secondo il cambiamento climatico.....	60
Figura 21: Trend nell'uso di fertilizzanti in Italia .....	64
Figura 22: Impatti e rischi per la salute da cambiamenti climatici ed eventi estremi .....	75
Figura 23: Relazione mortalità-temperatura in quattro città italiane .....	78
Figura 24: Relazione temperatura-mortalità sesso e gruppi di età a Roma .....	79

## Lista delle Tabelle

Tabella1: Recenti andamenti degli eventi meteorologici estremi alla fine del 20 <sup>mo</sup> secolo ..	31
Tabella 2: Principali inondazioni in Italia .....	52
Tabella 3: Effetto del riscaldamento sulle piante allergeniche.....	59
Tabella 4: Variazioni della mortalità giornaliera a Roma per un incremento di 1°C della temperatura .....	79
Tabella 5: Stima di eccesso di morte in Italia durante le ondate di calore .....	81
Tabella 6: Mortalità nel 2003 paragonata al 2002 nei 21 capoluoghi di provincia durante il periodo estivo .....	82
Tabella 7: Mortalità per causa in tre città italiane durante l'ondata di calore dell'estate 2003. ....	83
Tabella 8: Eccesso di rischio medio attribuito all'ozono e alla temperatura .....	94
Tabella 9: Principali malattie da vettore e vettori che potrebbero aumentare in Italia ...	101
Tabella 10: Principali rischi derivanti dalle modifiche nella qualità dell'acqua e del cibo in Italia .....	114
Tabella 11: Gli effetti sulla salute e le proposte di adattamento .....	136
Tabella 12: Malattie trasmissibili inserite nel Decreto Italiano (1990).....	146
Tabella 13: Criteri di selezione delle potenziali malattie per la sorveglianza ai cambiamenti climatici .....	148
Tabella 14: Priorità delle malattie veicolate dall'acqua nel Protocollo Acqua e Salute .....	152

## Introduzione

La crescita demografica e la sempre maggiore attività economica stanno innescando a livello globale una varietà di rischi ambientali, per il benessere e la salute umana, di una misura senza precedenti. Il cambiamento climatico sta diventando realtà. La temperatura media della superficie è aumentata di  $0.74 \pm 0.18^\circ\text{C}$  durante gli ultimi cento anni, mentre il livello del mare in tutto il globo è aumentato di 1,8 millimetri per anno dal 1961. Allo stesso tempo il ghiaccio dell'Artico si scioglie al ritmo di  $2.7 \pm 0.6\%$  per decade. Inoltre, la temperatura della superficie marina aumenta, si ritirano i ghiacciai montani, le acque di superficie degli oceani diventano più acide e si osservano eventi meteorologici estremi più frequenti.

Gli esseri umani sono esposti ai cambiamenti climatici attraverso mutati schemi meteorologici (ad esempio, eventi estremi più intensi e frequenti) ed indirettamente attraverso cambiamenti della quantità e qualità di acqua, aria, cibo, e alterazione di ecosistemi, agricoltura e delle condizioni socio-economiche.

Oggi appare chiaro che i cambiamenti climatici contribuiscono al carico globale di malattie e decessi prematuri. Sempre maggiori prove degli effetti dei cambiamenti climatici sulla salute umana indicano che il cambiamento climatico non ha solo alterato la distribuzione di alcuni vettori di malattie infettive e la distribuzione di alcune specie allergeniche di pollini, ma ha anche aumentato il rischio di decessi collegati ad ondate di calore. Nel futuro, i trend prevedibili di esposizioni significative per la salute umana legate ai mutamenti climatici indicano un aumento della malnutrizione a livello globale e del numero di persone soggette a malattie e danni a seguito di ondate di calore, inondazioni, tempeste, incendi e siccità. Inoltre tenderà a salire il peso del tasso di malattie diarroiche e la frequenza di malattie cardio-respiratorie causate da più alte concentrazioni di ozono estivo. Si prevede che il cambiamento climatico avrà vari incrementi degli effetti delle malattie infettive, ed alcuni effetti benefici per la salute, quali, ad esempio, meno decessi da freddo. Si prevede, tuttavia, che questo beneficio sia sbilanciato dagli effetti negativi delle temperature in crescita ovunque nel mondo, in particolare nei paesi in via di sviluppo (Confalonieri et al., 2007).

Il vero problema del cambiamento climatico è che, a differenza di molte altre situazioni legate all'ambiente, tutti i paesi ne sono colpiti e che ne è previsto un aumento durante le prossime decadi, anche se le emissioni di gas-serra si stabilizzassero ai valori del 2002. Saranno quindi i nostri figli ad esserne i più colpiti. Il cambiamento climatico ha un ruolo importante nella distribuzione spaziale e temporale delle malattie infettive, e può quindi avere una ripercussione sulla sicurezza sanitaria. Gli effetti del cambiamento climatico non sono distribuiti in maniera uniforme, e sono particolarmente gravi in paesi che hanno già un alto tasso di malattie o popolazione con scarse capacità di adattamento. Gli effetti sono molto complessi e coinvolgono molti processi, settori ed attività.

Inoltre, alcuni eventi recenti hanno dimostrato che i sistemi sanitari possano non essere in grado di gestire eventi estremi sempre più frequenti ed intensi. Questi eventi possono ridurre la resistenza delle comunità, colpire regioni e località vulnerabili e soverchiare la maggior parte delle organizzazioni sociali.

Questo lavoro è una prima valutazione, della letteratura internazionale e nazionale, ed include alcuni pareri di esperti nazionali. Scopo di questo documento è far comprendere quali siano i rischi potenziali per la salute umana dovuti al cambiamento climatico in Italia, definire quali azioni preventive siano disponibili e quali ulteriori saranno necessarie in Italia negli anni a venire.

## **1.1 Lo stato dell'arte su cambiamenti climatici e la salute**

Le società umane hanno una lunga esperienza di eventi climatici naturali. Gli antichi egizi, gli abitanti della Mesopotamia, i Maya, e le popolazioni dell'Europa (durante i quattro secoli della Piccola Era Glaciale di epoca medievale) hanno tutti subito i grandi cicli climatici della natura. In maniera più grave poi, tanti disastri ed epidemie sono occorsi in conseguenza di estremi di cicli climatici regionali. Già Ippocrate già asseriva che non possiamo comprendere le malattie senza osservare il vento, il sole e l'umidità.

Il tempo meteorologico è la situazione perennemente mutevole dell'atmosfera, su una scala temporale che è normalmente considerata in giorni o settimane. Il clima è lo stato medio della parte inferiore dell'atmosfera, e le caratteristiche ad esso associate del terreno o dell'acqua sottostante in una particolare regione, per solito su di un arco temporale di almeno alcuni anni. La variabilità climatica è la

variazione che ruota attorno al clima medio, ivi incluse le variazioni stagionali ed i cicli regionali su ampia scala nella circolazione atmosferica ed oceanica, come ad esempio il fenomeno El Niño/Southern Oscillation (ENSO) o la North Atlantic Oscillation.

I cambiamenti climatici avvengono nell'arco di decenni o su scala temporale più lunga. Fino ad un secolo fa, i mutamenti nel clima globale sono avvenuti in maniera naturale, nei secoli o nei millenni, a causa della deriva dei continenti, dei cicli astronomici, dell'energia solare o a seguito di attività vulcaniche. Durante le decenni più recenti, è divenuto sempre più chiaro che le attività umane stanno mutando la composizione dell'atmosfera, causando così un cambiamento climatico globale.

Nel 1979 la Prima Conferenza Mondiale sul Clima ha riconosciuto che i mutamenti climatici sono un problema sempre più importante. La WMO, la World Meteorological Organization ha attivato il World Climate Programme nello stesso anno. Nel 1988 l'UNEP ed il WMO hanno creato l'IPCC, l'Intergovernmental Panel on Climate Change. All'IPCC è stato assegnato il compito di valutare lo stato dell'arte sul clima ed il mutamento climatico, gli impatti ambientali, economici, e sociali dei cambiamenti climatici e di studiare possibili strategie in risposta ad essi. Il primo Assessment Report è stato reso pubblico nel 1990, l'ultimo (il quarto Assessment Report) nel 2007.

Nel 1992 è stata lanciata alla Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente e lo Sviluppo la United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) o Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC). La UNFCCC mira a stabilizzare la concentrazione di gas serra nell'atmosfera, in un periodo di tempo sufficiente a permettere agli ecosistemi di adattarsi ai cambiamenti climatici. Pertanto accetta il fatto che un certo cambiamento sia inevitabile. L'impatto avrà ricadute sugli ecosistemi e sulla salute umana. Fra tali ricadute ci saranno tematiche legate alla produzione agricola e alla sicurezza alimentare, all'aumento del livello del mare, alla diversità biologica, alle risorse idriche, alle infrastrutture, ai distretti industriali ed alle zone d'insediamento urbano. Il protocollo di Kyoto ha rinforzato la risposta internazionale al cambiamento climatico.

Il riconoscimento che il cambiamento climatico è un problema crescente ha molto stimolato la ricerca sul funzionamento del clima globale. Sono stati sviluppati

modelli sempre più sofisticati del modo in cui l'energia viene intrappolata dai gas nelle zone più basse dell'atmosfera, di come mutano i flussi di energia nell'atmosfera e nell'oceano, e dei conseguenti cambiamenti di temperatura e precipitazioni nel globo.

Lo studio degli impatti degli eventi meteorologici e della variabilità del clima sulla salute umana richiede una specifica definizione di cosa si intende per "esposizione" meteorologica. La situazione meteorologica ed il clima possono essere entrambi riassunti su molte scale spaziali e temporali. La scala di analisi più corretta, e la scelta di un particolare intervallo di tempo fra esposizione ed effetto, dipendono dagli obiettivi di ricerca. Molte analisi necessitano di dati sul lungo periodo, che richiedono informazioni sul tempo atmosferico/clima e sulle ricadute sulla salute alla stessa scala spaziale e temporale. In tutti questi lavori, è necessario poter accettare le tante tipologie di incertezza che sono in essi implicite. Le previsioni sulla risposta di sistemi complessi - come ad esempio i sistemi climatici regionali e gli ecosistemi collegati al clima - a sollecitazioni che li portano oltre i limiti critici sono necessariamente incerte. In maniera analoga, ci sono incertezze sulle caratteristiche future, i comportamenti e le capacità di adattamento delle popolazioni umane.

Nei primi anni 90 c'era una scarsa sensibilità per le problematiche connesse ai rischi per la salute creati dal cambiamento climatico globale, che rifletteva una generale assenza di comprensione di come lo sconvolgimento dei sistemi biofisici ed ecologici poteva influenzare il benessere e la salute a lungo termine delle popolazioni. C'era una scarsa sensibilità fra gli addetti ai lavori sul fatto che mutamenti nei loro rispettivi settori di studio, o delle condizioni climatiche, della biodiversità, della produttività degli ecosistemi e via di seguito, fossero di potenziale importanza per la salute umana. E ciò ben si riflette negli scarsi riferimenti ai rischi per la salute che si ritrovano nel primo importante rapporto elaborato dall'IPCC, l'Intergovernmental Panel on Climate Change delle Nazioni Unite nel 1991.

Nel tempo questa situazione è cambiata. Il secondo Assessment Report dell'IPCC, datato 1996, conteneva un intero capitolo dedicato ai potenziali rischi per la salute umana. Il terzo rapporto IPCC del 2001 era composto in maniera analoga ma in questa occasione includeva anche la discussione di alcune prime evidenze di impatti in atto sulla salute. Questo rapporto inoltre già sottolineava gli impatti prevedibili sulla salute raggruppandoli per macro aree geografiche. Il Quarto Assessment report pubblicato nel 2007 non si limita solo a dedicare uno specifico capitolo alla

tematica salute, di fatto il riferimento alla salute è presenti in tutti i capitoli del report.

Nel 1996 l'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO) ha riconosciuto per la prima volta le sfide alla salute umana poste dal cambiamento climatico. Inoltre l'Assemblea Mondiale della Sanità ha approvato forme di collaborazione con altre agenzie per studiare ulteriormente il problema. Sono trascorsi più di dieci anni da allora ed un numero sempre maggiore di studi e valutazioni si sono resi disponibili in tutto il mondo.

La conoscenza degli effetti osservati del cambiamento climatico sulla salute in Europa deriva da studi a scala europea (quali ACACIA, cCASHh, PHEWE, Ensemble, Eden), da valutazioni eseguite a livello nazionale e da studi eseguiti da molti gruppi di ricerca o agenzie nazionali. Questi studi hanno quantificato gli effetti dei cambiamenti meteorologici e climatici sulla salute, caratterizzandone i primi impatti sulla salute umana, stimandone inoltre il futuro impatto in termini epidemiologici e fornendo alcune basi conoscitive sui futuri rischi potenziali.

## **1.2 L'attribuzione degli effetti sulla salute a cambiamenti climatici**

Le sfide per identificare, quantificare e predire gli effetti sulla salute dei cambiamenti climatici implicano elementi di scala, specifiche di 'esposizione', e l'elaborazione di percorsi causali spesso complessi ed indiretti. Innanzitutto, molti ricercatori non sono familiari con la scala geografica degli impatti sulla salute associati al clima e con la caratteristica ampia scala temporale. Gli epidemiologi spesso studiano problemi che sono ben localizzati a livello geografico, hanno un inizio relativamente rapido ed un impatto diretto sulla salute. L'unità naturale di osservazione, l'individuo, e la ricerca sulle cause si concentra su fattori diretti e specifici (downstream).

In secondo luogo, la variabile 'esposizione', che include il clima, la variabilità climatica ed i trend climatici, crea tutta una serie di difficoltà. Non ci sono gruppi che in maniera univoca possano dirsi 'non esposti' e quindi 'baseline' per un confronto. In effetti, poiché ci sono solo piccole differenze nell'esposizione al clima/tempo meteorologico fra individui nella stessa area geografica, non è possibile paragonare gruppi di individui con 'esposizioni' diverse. E' necessario, piuttosto, comparare intere comunità o popolazioni e, nel fare tale confronto,



tenere a mente le differenze di vulnerabilità all'interno delle comunità. Ad esempio, l'eccessivo tasso di mortalità durante l'ondata di calore del 2003 ha avuto grandi differenze fra città e aree rurali, a causa di differenti fattori quali la qualità delle abitazioni e l'organizzazione specifica dei sistemi sanitari.

In terzo luogo, alcuni impatti sulla salute seguono percorsi indiretti e complessi. Ad esempio, gli effetti degli estremi di temperatura è diretto causando mortalità; mentre l'effetto dell'aumento della temperatura sull'inquinamento atmosferico e sulla salute non è diretto ma più complesso influenzato da molti fattori. Ancora più complessi sono gli effetti del cambiamento climatico sugli ecosistemi e sulle malattie da vettori.

L'ultima sfida è poi la necessità di stimare i rischi sulla salute in relazione a scenari climatici ed ambientali futuri. A differenza della maggior parte dei rischi ambientali noti, molti dei rischi previsti dal cambiamento climatico globale riguardano scenari in anni e decenni a venire. Pertanto, la migliore stima dei futuri effetti sulla salute del cambiamento climatico deve necessariamente essere fatta in base a modelli costruiti sulla comprensione odierna della variazione climatica (e non del tempo meteorologico) sulla salute, in base ad osservazioni eseguite nel presente e nel passato recente, tenendo anche in considerazione l'influenza di una grande gamma di fattori medianti (Ezzati et al., 2004). Questi modelli sono circondati da enormi incertezze.

Per valutare gli impatti del cambiamento climatico sulle popolazioni italiane, abbiamo applicato le indicazioni WHO pubblicate in "Methods of assessing human health vulnerability and public health adaptation to climate change (2003)".

L'approccio in questo caso è stato quello di base: la valutazione della letteratura e la consultazione con esperti. A causa della poca informazione sull'attribuzione degli effetti sulla salute in Italia ai cambiamenti climatici, sono stati inclusi anche studi della cosiddetta letteratura "grigia" (libri, valutazioni nazionali e rapporti, rapporti d'agenzie, ecc.), oltre che studi europei ed internazionali che si riferiscono all'Italia. Il riquadro 1 illustra la strategia di ricerca utilizzata.

## Riquadro 1: strategia di ricerca

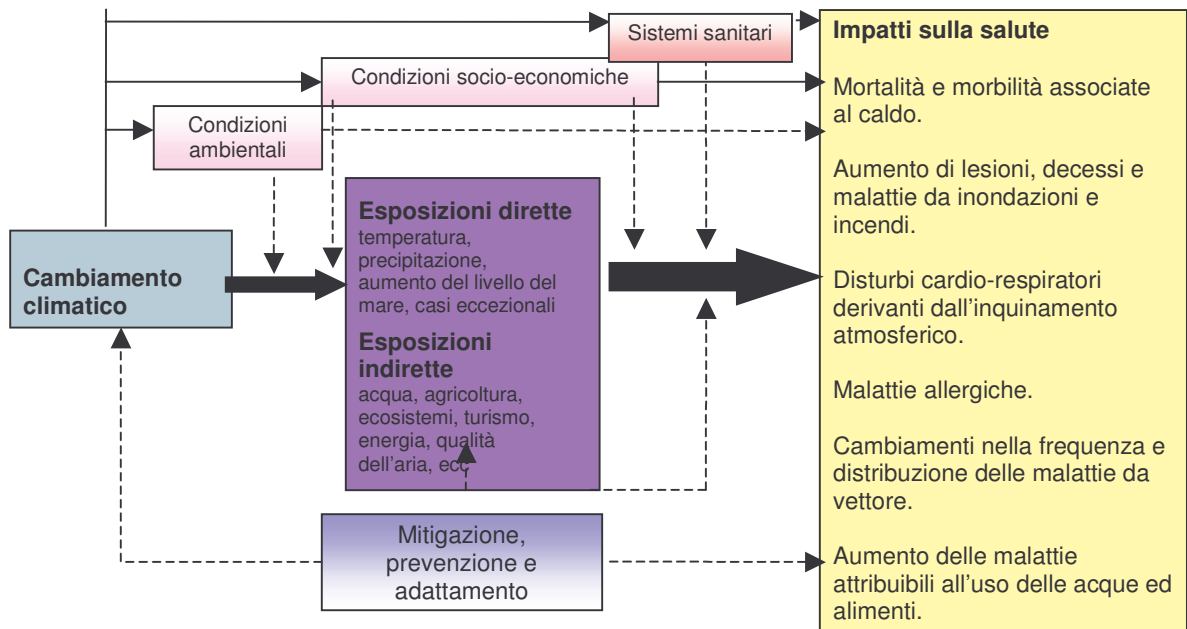
- Internet: utilizzando parole chiave in inglese ed italiano ("Cambiamento climatico e salute",; analisi della bibliografia in documenti chiave;
- Database MEDLINE, PubMed e WHO: parole chiave utilizzate: cambiamento climatico, eventi estremi, ondate di calore, inondazioni, inquinamento atmosferico, salute, Europa, Italia e patologie specifiche (colpo di calore, malattie respiratorie, patologie da alimenti, salmonella, patologie da vettori, malattie infettive). E' stata esclusa la letteratura più vecchia di cinque anni laddove sono state reperiti più di cinque articoli per singola ricerca.
- Per l'Italia, sono stati presi in considerazione i seguenti rischi climatici: calore, freddo, inquinamento atmosferico, forti precipitazioni, disastri (frane, allagamenti). Sono state inoltre esaminate le seguenti conseguenze sulla salute: mortalità da calore, mortalità e morbilità da allagamenti e morbilità da patologie portate da alimenti e vettori.
- Criteri d'inclusione: tutti gli articoli che includevano 2 o più parole chiave. Sono stati esclusi gli studi epidemiologici con un limitato numero di campioni. Sono stati citati gli articoli di rielaborazione e sintesi, quando disponibili.

### 1.3 Il framework di questa valutazione

Al pari di altre realtà, anche in Italia la popolazione è esposta sia alla maggiore frequenza e intensità di eventi estremi e variabilità climatiche che ai cambiamenti a lungo termine delle temperature e delle precipitazioni medie. Queste esposizioni hanno ricadute dirette sulla salute o sono associate ad un numero di cambiamenti in settori e sistemi (ad esempio l'acqua, l'agricoltura, l'energia, ecc.) che sono determinanti importanti della salute umana. Le osservazioni degli ultimi decenni indicano che gli impatti variano in maniera significativa da luogo a luogo e da popolazione a popolazione in Europa. La variabilità su scala annuale e le esposizioni multiple possono creare effetti più importanti, ma su questo le nostre conoscenze sono ancora limitate. I futuri impatti sulla salute umana dipenderanno molto dalle caratteristiche, dalla grandezza e dalla velocità/frequenza di variazione climatica a cui la 'salute' sarà esposta e all'effettiva sensibilità ed abilità di popolazioni, governi e sistemi sanitari di gestirne le conseguenze. La Fig. 1 indica i diversi percorsi dell'esposizione diretta ed indiretta che sono considerati in questa valutazione.

Queste esposizioni e gli impatti variano nel tempo ed ovviamente si modificano con i continui cambiamenti climatici.

**Figura 1: Impatti e rischi per la salute da cambiamenti climatici ed eventi estremi**



Fonte: Bettina Menne adattata da Confalonieri 2007

## 1.4 I contenuti di questa pubblicazione

Questo capitolo ha introdotto il tema del cambiamento climatico e salute nella sua complessità, mentre il capitolo 2 analizza i cambiamenti climatici osservati e prevedibili con particolare riferimento all'Italia. In ogni paragrafo sono riassunte le evidenze a livello globale ed europeo riportandole poi alla realtà italiana. Il capitolo 3 descrive gli impatti sui sistemi e settori ambientali. I settori sono stati scelti secondo la loro rilevanza per la salute umana, e le loro potenzialità di configurare esposizioni indirette indotte sulla salute umana. Il capitolo 4 descrive gli impatti ed i rischi potenziali per la salute umana, mentre il capitolo 5 descrive azioni di mitigazione ed adattamento. Il capitolo 6 riporta le conclusioni di questo lavoro.

Con questo lavoro intendiamo fornire una panoramica esaustiva della conoscenza odierna di cambiamento e variabilità climatica in Italia e degli associati eventi estremi, diretta ad un pubblico interessato ed in particolare a tutti quelli che si interessano all'ambiente per motivi professionali, per quanti operano a livello decisionale e per tutti gli altri stakeholders. La raccolta delle evidenze scientifiche, ma anche l'identificazione dei dati mancanti e dei bisogni di ricerca, possono essere utilizzati come supporto alle decisioni laddove si stabiliscano delle priorità. Malgrado permanga un certo livello di incertezza per quanto riguarda gli scenari futuri, gli effetti negativi del clima che cambia sono già visibili, ed i pericoli sono troppo gravi per rimanere inattivi. Ed inoltre. Le proposte di mitigazione ed adattamento presentate includono anche un'ampia gamma di effetti positivi associati e dovrebbero quindi, in ogni caso, essere integrate nelle politiche e nelle azioni quotidiane a tutti i livelli.

## **Capitolo 2: Cambiamenti climatici in Italia**

**di**

**Antonio Navarra, Franco Desiato, Domenico Gaudioso  
e Andrea Toreti  
Tanja Wolf**

## 2 I cambiamenti climatici e la variabilità del clima in Italia

Il clima della terra è determinato dalle complesse interazioni tra il sole, gli oceani, l'atmosfera, la criosfera, la superficie terrestre e la biosfera. Il sole è la principale forza motrice del tempo meteorologico e del clima. Il riscaldamento irregolare della superficie terrestre (maggiore vicino all'equatore) causa i grandi trasporti convettivi sia nell'atmosfera che negli oceani, divenendo così la causa ultima dei venti e delle correnti oceaniche.

Il pianeta è circondato da cinque strati concentrici di atmosfera. Lo strato più basso (troposfera) si estende dal livello della superficie terrestre fino a 10-12 km circa di altitudine. Il tempo meteorologico che influenza la superficie terrestre si sviluppa nella troposfera. Lo strato successivo (stratosfera) si estende fino a circa 50 km dalla superficie terrestre. L'ozono presente nella stratosfera assorbe la maggior parte dei raggi solari ultravioletti ad alta energia. Al di sopra della stratosfera vi sono altri tre strati: la mesosfera, la termosfera e l'esosfera.

In generale, questi cinque strati di atmosfera riducono di circa la metà la quantità di radiazioni solari in entrata che raggiungono la superficie terrestre. In particolare, alcuni gas "serra", che sono presenti nella troposfera (e comprendono vapore acqueo, anidride carbonica, ossido di azoto, metano, idrocarburi alogenati e ozono), assorbono circa il 17% dell'energia solare che attraversa il suddetto strato.

Gran parte dell'energia solare che raggiunge la superficie terrestre è assorbita e irradiata nuovamente sotto forma di radiazioni (infrarosse) a onda lunga. Una parte delle radiazioni infrarosse in uscita è assorbita dai gas serra nello strato inferiore dell'atmosfera, causando il surriscaldamento della superficie terrestre. Ciò fa aumentare le temperature sulla superficie terrestre di 33°C rispetto ai valori che avrebbe senza l'atmosfera. Questo procedimento di surriscaldamento supplementare è chiamato "effetto serra".

Le attività dell'uomo stanno contribuendo all'aumento della concentrazione dei gas serra presenti nell'atmosfera, amplificando l'effetto serra. Le emissioni di gas serra come l'anidride carbonica, il metano e l'ossido di azoto sono le più alte mai registrate negli ultimi 650.000 anni, ed è molto probabile che l'effetto serra sia la

causa principale del surriscaldamento registrato in questo secolo (Alley e al., 2007). A livello globale si sta osservando un cambiamento significativo di numerosi parametri climatici. Le temperature mutevoli, gli estremi e le precipitazioni possono influenzare direttamente la salute dell'uomo, come evidenziato nella Figura 1. Anche l'Italia ha contribuito all'aumento della concentrazione dei gas serra su tutto il pianeta. Il presente capitolo si propone di esaminare la quota di emissioni dell'Italia, presentare i cambiamenti osservati in Italia sull'ambiente e sulla salute dell'uomo e indicare i cambiamenti attesi per il futuro. Le informazioni disponibili in questo capitolo sono relative a delle proiezioni, e non pretendono di essere esaustive.

## 2.1 Il contributo dell'Italia ai cambiamenti climatici

- Tra il 1990 e il 2005 le emissioni totali di gas ad effetto serra in Italia sono aumentate del 12,1%
- Le industrie energetiche (32%) e il trasporto (26%) rappresentano il contributo maggiore alle emissioni di CO<sub>2</sub>
- L'Italia non è ancora riuscita a raggiungere l'obiettivo di ridurre le emissioni nazionali di gas serra al 6,5% rispetto al livello base del 1990.

Le autorità nazionali, sulla base di metodi convenzionali e strutture di comunicazione standardizzate, hanno creato una banca dati sulle emissioni atmosferiche nazionali. Tale inventario delle emissioni nazionali raccoglie i dati sulle emissioni di gas serra, le emissioni di sostanze acide ed eutropiche, i precursori dell'ozono troposferico, il benzene, le particelle, i metalli pesanti, gli idrocarburi policiclici, le diossine e molti altri. Tali dati mostrano che tra il 1990

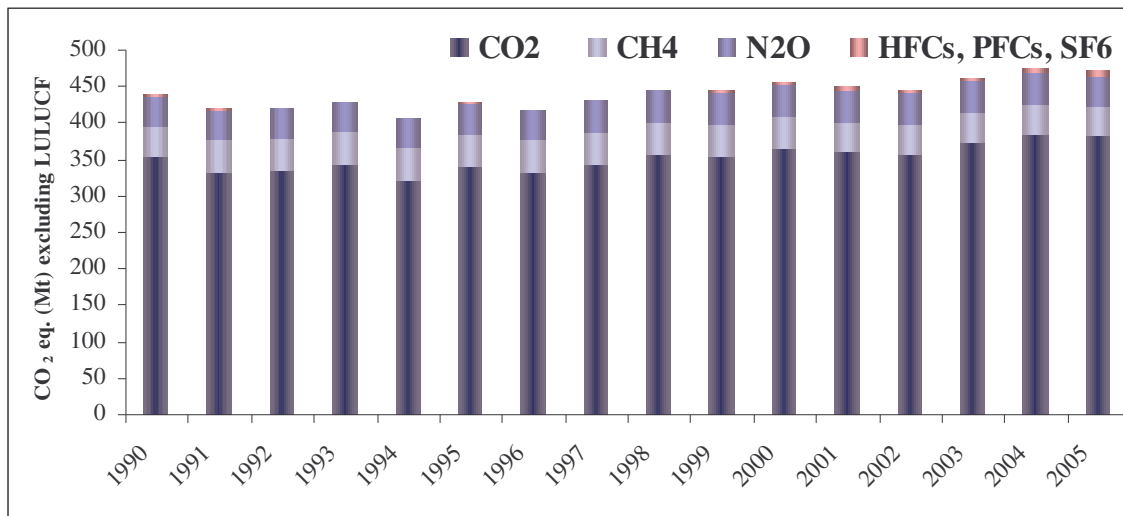
("anno base") e il 2005 le emissioni complessive di gas serra in Italia sono aumentate del 12.1% (in CO<sub>2</sub>equivalente, escludendo le emissioni e le rimozioni di CO<sub>2</sub> dalle variazioni dell'uso del suolo) da 519,5 a 582,2 milioni di tonnellate in CO<sub>2</sub> equivalente. Le emissioni e gli aumenti delle stesse sono attribuite in gran parte (90%) alle emissioni di CO<sub>2</sub> piuttosto che ad altri gas serra (figura 2). Suddividendo le emissioni di CO<sub>2</sub> nei settori come suggerito da UNFCCC (Convenzione Quadro sul Cambiamento Climatico), si osserva che la maggior parte delle emissioni di CO<sub>2</sub> (94%) e il loro aumento deriva dal settore energetico (figura 3). Nel settore dell'energia, le industrie energetiche (32%) e il trasporto (26%) sono gli agenti che maggiormente contribuiscono alle emissioni di CO<sub>2</sub> (figura 4). Altri gas serra come il CH<sub>4</sub> e l'N<sub>2</sub>O nel 2005 ammontavano rispettivamente al 6,9% e al 7,4%, delle emissioni complessive di gas serra. Le emissioni di CH<sub>4</sub> sono diminuite del 4,3% dal 1990 al 2005, mentre quelle di N<sub>2</sub>O sono aumentate del 5,8%. Le percentuali di altri gas serra, HFCs, PFCs e SF<sub>6</sub>, variavano dallo 0,3% all' 1% delle emissioni

complessive; attualmente, le variazioni relative a questi gas non sono rilevanti ai fini dell'obiettivo di riduzione delle emissioni (figura 2) (APAT, 2007a, Romano *et al.*, 2006).

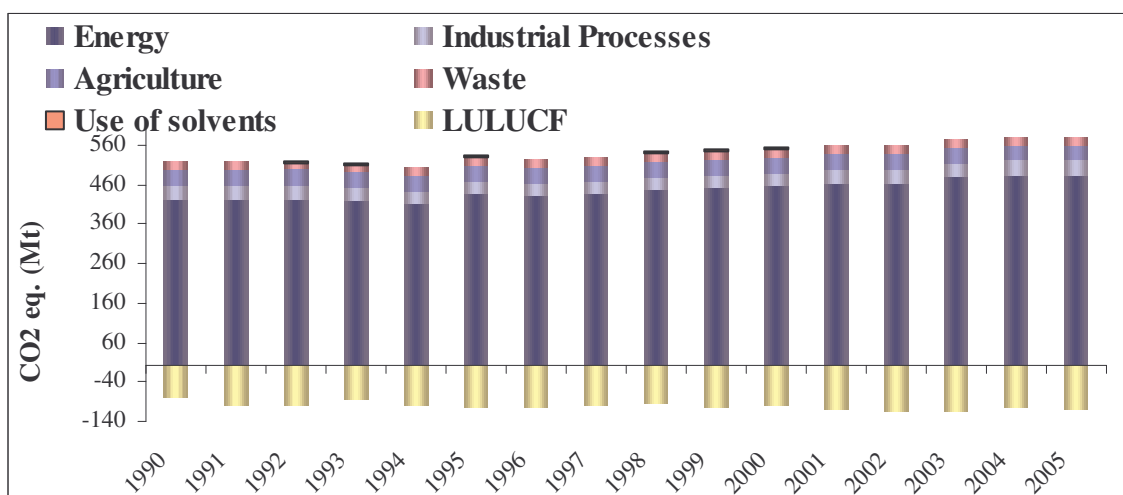
L'UNFCCC e il Protocollo di Kyoto hanno stabilito l'obbligo per l'Italia di ridurre, nel periodo 2008-2012, le emissioni di gas serra a livello nazionale al 6,5% rispetto al livello base del 1990. L'Italia è ancora lontana dal raggiungimento di questo obiettivo, infatti le emissioni sono in costante aumento dal 1997, sebbene tra il 2004 e il 2005 il tasso di aumento si era attestato allo 0,3% (APAT, 2007a). In un recente rapporto, l'Agenzia Europea dell'Ambiente (AEA) sostiene che oltre al Belgio, Danimarca, Irlanda, Spagna, Austria e Portogallo anche l'Italia nel 2004 non era in linea con i parametri relativi alle emissioni di gas serra e prevede che fallirà nel raggiungimento degli obiettivi di Kyoto, nonostante l'attuazione di misure aggiuntive o l'utilizzo dei meccanismi previsti da Kyoto o lo sfruttamento di carbon sinks (AEA, 2006). L'emissione di circa 580 Mt di CO<sub>2</sub> equivalente di gas serra in Italia corrisponde all' 11,2% dei 5.200 Mt in Europa e al 2,1% dei 27.560 Mt nel mondo (Allegato 1 e 2, ultimo aggiornamento).



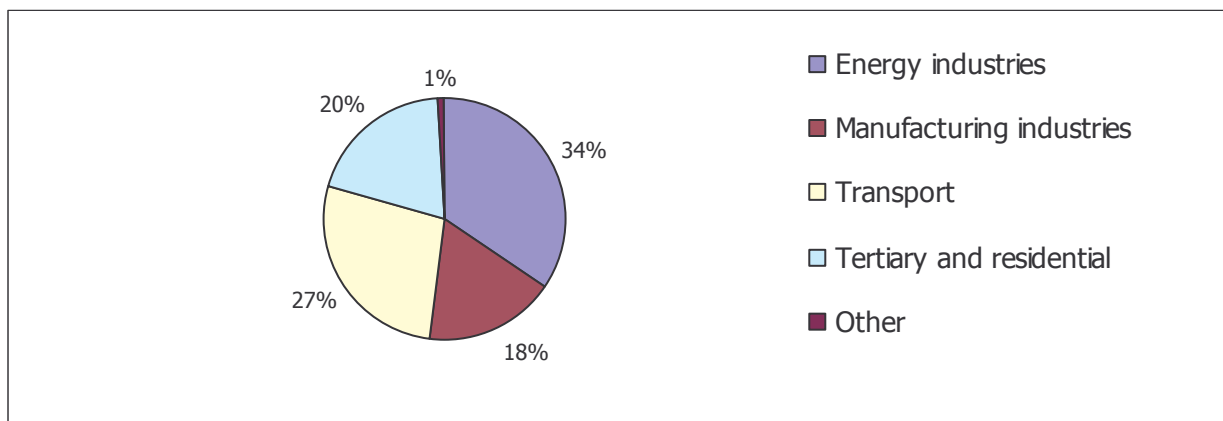
**Figura 2: Tendenza delle emissioni dei gas serra in Italia, suddivise per gas**



**Figura 3: Tendenza delle emissioni dei gas serra in Italia, suddivise per settore**



**Figura 4: Fonti di emissione di CO<sub>2</sub> nel settore energetico**



## 2.2 I cambiamenti climatici osservati in Italia

In Italia alcuni studi evidenziano:

- Un aumento delle temperature medie di 0,7 °C in un secolo al nord, e di 0,9 °C al centro-sud;
- Dal 1930 una progressive riduzione delle precipitazioni e, di conseguenza, un aumento dell'aridità;
- Dal 1951 al 1996 le giornate piovose sono diminuite del 14% su tutto il territorio nazionale;
- È stato osservato un aumento dell'intensità delle precipitazioni sia nelle regioni settentrionali che in quelle meridionali;
- Dal 1981 al 2004 il numero delle notti tropicali ( $T_{\text{minime}} > 20^{\circ}\text{C}$ ) è aumentato; in tutto il periodo è stato stimato un netto aumento di circa il 14% delle giornate estive ( $T_{\text{massime}} > 25^{\circ}\text{C}$ );
- Tra il 1961 e il 2004, si è osservata una variazione di -0,25 giornate di gelo ( $T \leq 0^{\circ}\text{C}$ ) all'anno; che corrispondono ad una riduzione media di circa il 20% del numero delle giornate di gelo in 43 anni.

### 2.2.1 Andamenti delle temperature e delle precipitazioni

L'IPCC (Comitato Intergovernativo sui Cambiamenti climatici) ha indicato che, a livello globale, undici degli ultimi dodici anni (1995–2006) sono stati tra gli anni più caldi che hanno registrato un record significativo delle temperature sulla superficie terrestre (dal 1850). L'andamento lineare aggiornato degli ultimi 100 anni (1906–2005) di  $0,74^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,18^{\circ}\text{C}$ ) è pertanto maggiore rispetto all'andamento corrispondente 1901–2000 di  $0,6^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ ) riportato nel terzo rapporto di valutazione (TAR). L'andamento lineare del surriscaldamento negli ultimi 50 anni ( $0,13^{\circ}\text{C} \pm 0,03^{\circ}\text{C}$  a decennio) è raddoppiato rispetto a 100 anni. L'aumento complessivo delle temperature dal 1850–1899 al 2001–2005 è di  $0,76^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,19^{\circ}\text{C}$ ) (Alley et al., 2007).

In Europa sono stati intrapresi vari studi riguardanti gli andamenti climatici in alcune regioni, i cui risultati tuttavia non sono direttamente paragonabili a causa delle differenze sul periodo di tempo considerato e sulla qualità, dei metodi usati per l'elaborazione dei dati e per l'analisi degli andamenti generali (Wijngaard, Tank & Konnen, 2003). Tuttavia vi sono alcuni aspetti comuni. In alcune regioni europee, gli aumenti delle temperature minime sembrano essere maggiori rispetto a quelli delle temperature massime (Klein Tank, Wijngaard & van Engelen, 2002) e ciò è stato attribuito in molti casi all'aumento della nuvolosità durante la notte (Brazdil et al., 1996, Huth, Kysely & Pokorna, 2000, Wibig & Glowicki, 2002).

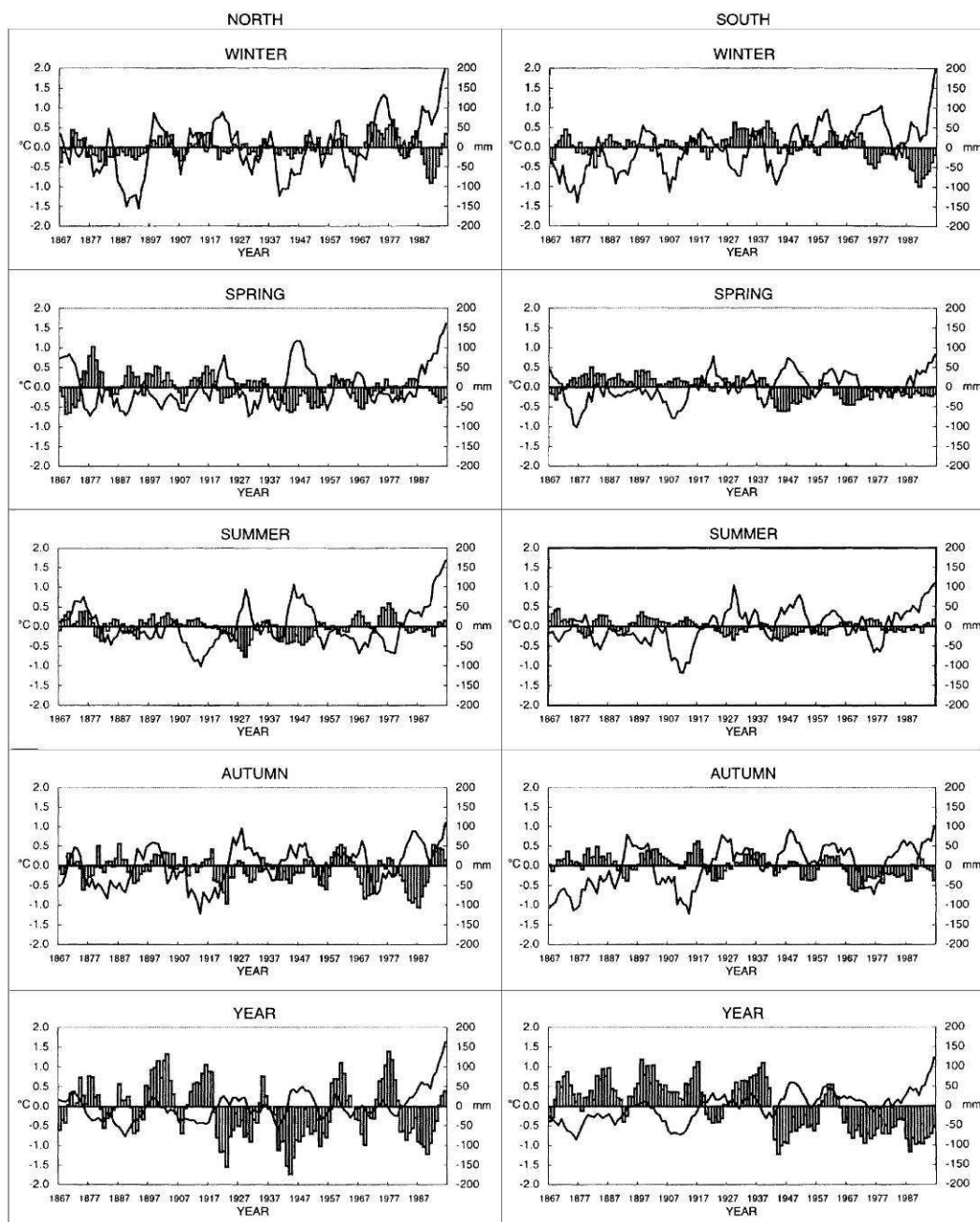
Una serie di analisi diacroniche svolte dal 1865 al 1996 su circa 40 stazioni meteorologiche situate in Italia ha evidenziato che gli aumenti mensili delle temperature massime e minime differiscono da nord al centro-sud. Durante il periodo considerato, le temperature massime sono aumentate al nord di 0,6 °C, e al centro-sud di 0,8 °C; le temperature minime sono aumentate di 0,4 °C al nord, 0,7 °C al centro-sud. Dal 1930, sia al centro che al sud Italia, oltre agli aumenti delle temperature, si è registrata una progressiva riduzione delle precipitazioni e, di conseguenza, un aumento dell'aridità. L'andamento delle temperature è inversamente proporzionale a quello delle precipitazioni, come si può osservare nella figura 5. I grafici rappresentano gli andamenti delle temperature medie ogni cinque anni (linea continua) e le anomalie delle precipitazioni (istogramma). Ciò mostra un aumento delle temperature (0,7 °C in un secolo al nord e 0,9 °C al sud Italia) e una diminuzione delle precipitazioni nelle stesse aree (Brunetti et al., 2000b, Brunetti et al., 2001, Buffoni, Maugeri & Nanni, 1999).

**Figura 5: Andamenti delle temperature medie quinquennali e anomalie delle precipitazioni**

Temperature: linea continua; Precipitazioni: istogramma.

Variations of Temperature and Precipitation in Italy from 1866 to 1995

167



Fonte: Brunetti e al., 2000

I mutamenti dell'intensità delle precipitazioni sono tanto importanti quanto le precipitazioni complessive, a causa delle implicazioni per le inondazioni e l'erosione del suolo. Alcuni studi si focalizzano sugli aumenti dell'intensità associati ad alcuni

tipi di sistemi meteorologici (Widmann & Schar, 1997) e sulle relazioni mutevoli tra il verificarsi di giornate umide e giornate piovose umide (Brunetti, Maugeri & Nanni, 2000, 2001). Nelle regioni alpine europee l'intensità delle precipitazioni è aumentata ed è più marcata nei mesi invernali (Frei & Schar, 2001).

In Italia un'analisi dei dati delle precipitazioni raccolti durante il periodo 1951-1996 ha mostrato che su tutto il territorio nazionale le precipitazioni sono diminuite durante il periodo considerato soprattutto al centro e al sud. La riduzione delle giornate piovose in tutto il territorio nazionale (circa il 14% sia al nord che al sud) è statisticamente significativa; maggiori riduzioni sono state osservate nel periodo invernale. È stato altresì osservato un aumento dell'intensità delle precipitazioni sia nelle regioni settentrionali che in quelle meridionali, la persistenza di periodi di siccità aumenta nelle regioni settentrionali in inverno e in quelle meridionali in estate (Brunetti et al., 2000a, Brunetti et al., 2001, Brunetti, Maugeri & Nanni, 2001). Questi mutamenti delle precipitazioni possono essere attribuiti sia alle variazioni delle correnti atmosferiche e sia all'aumento dell'umidità atmosferica, conseguenza delle elevate temperature a livello locale e globale. L'aumento dell'intensità delle precipitazioni potrebbe essere attribuito all'intensificazione del ciclo idrologico. Un'analisi dei dati meteorologici rilevati in Emilia Romagna dal 1950 al 2000 ha prodotto i seguenti risultati: in estate la media delle piogge e le precipitazioni estreme hanno mostrato una significativa tendenza positiva, in autunno non sono stati registrati cambiamenti significativi dei valori medi ed estremi, ad eccezione dell'intensità media delle piogge che ha registrato una tendenza positiva, in inverno e in primavera si è registrata una tendenza negativa sul volume medio delle piogge complessive (Tomozeiu e al., 2000, Tomozeiu, Busuioc & Stefan, 2002, Tomozeiu, Lazzeri & Cacciamani, 2002). Un altro studio condotto in questa regione ha mostrato un aumento dell'intensità media delle piogge durante la stagione autunnale (Cacciamani et al., 2000). Una recente analisi sugli andamenti climatici in Veneto durante gli ultimi 4-5 decenni ha evidenziato: aumenti delle temperature (sia nei valori minimi che quelli massimi), aumento delle piogge autunnali, aumento della frequenza degli eventi estremi (quali insolite piogge abbondanti o brusche variazioni termiche tra le stagioni) e diminuzione delle piogge invernali (Monai, 2004).

## 2.2.2 Andamenti degli estremi climatici

Gli eventi estremi sono per definizione eventi stocastici rari. Gli eventi climatici estremi, quali le temperature estremamente calde o fredde, influenzano direttamente la salute umana. (vedasi capitolo 4). Altri, quali le piogge molto frequenti e abbondanti o forti venti, possono causare o contribuire ai disastri naturali. Inondazioni e talvolta frane seguono spesso estremi positivi delle piogge, mentre la siccità è una conseguenza degli estremi negativi delle piogge e spesso porta ad incendi. In questa sezione sugli andamenti degli estremi climatici osservati, si tratteranno eventi semplici quali le giornate torride o fredde. Gli eventi estremi più complessi come la siccità e le inondazioni saranno trattati nella sezione dedicata agli impatti (capitolo 3). A livello globale l'IPCC (capitolo 3) riassume i recenti andamenti (Alley, 2007) come riportato nella seguente tabella.

**Tabella 1: Recenti andamenti degli eventi meteorologici estremi alla fine del 20<sup>mo</sup> secolo**

Phenomenon <sup>a</sup> and direction of trend	Likelihood that trend occurred in late 20th century (typically post 1960)	Likelihood of a human contribution to observed trend <sup>b</sup>	Likelihood of future trends based on projections for 21st century using SRES scenarios
Warmer and fewer cold days and nights over most land areas	<i>Very likely<sup>c</sup></i>	<i>Likely<sup>d</sup></i>	<i>Virtually certain<sup>d</sup></i>
Warmer and more frequent hot days and nights over most land areas	<i>Very likely<sup>e</sup></i>	<i>Likely (nights)<sup>d</sup></i>	<i>Virtually certain<sup>d</sup></i>
Warm spells/heat waves. Frequency increases over most land areas	<i>Likely</i>	<i>More likely than not<sup>f</sup></i>	<i>Very likely</i>
Heavy precipitation events. Frequency (or proportion of total rainfall from heavy falls) increases over most areas	<i>Likely</i>	<i>More likely than not<sup>f</sup></i>	<i>Very likely</i>
Area affected by droughts increases	<i>Likely in many regions since 1970s</i>	<i>More likely than not</i>	<i>Likely</i>
Intense tropical cyclone activity increases	<i>Likely in some regions since 1970</i>	<i>More likely than not<sup>f</sup></i>	<i>Likely</i>
Increased incidence of extreme high sea level (excludes tsunamis) <sup>g</sup>	<i>Likely</i>	<i>More likely than not<sup>f,h</sup></i>	<i>Likely<sup>i</sup></i>

In Europa si verificheranno con alta frequenza temperature estreme. Le temperature massime annuali aumenteranno molto più al sud e al centro Europa rispetto al nord (Räisänen et al., 2004; Kjellström et al., 2006). Inoltre, Kjellström (2004) mostra che, in estate, il surriscaldamento di ampie regioni del sud, centro ed est dell'Europa potrebbero essere strettamente collegate alla

temperature più alte delle giornate torride piuttosto che al surriscaldamento generale, il che significa che si raggiungeranno temperature estreme. Ci si attende anche un ampio aumento delle temperature minime annuali in gran parte dell'Europa, che supera in molte località di due o tre volte il surriscaldamento invernale di base. Gran parte del surriscaldamento in inverno è collegato alle temperature più alte delle giornate fredde, il che indica una diminuzione della variabilità delle temperature invernali. Un aumento delle temperature invernali più basse, sebbene ampio, significherebbe da una parte che gli estremi di correnti fredde diminuirebbero; dall'altra parte, un grande aumento delle temperature estive più alte esporrebbe gli europei a elevate temperature senza precedenti.

Per quanto riguarda le precipitazioni, Christensen e Christensen (2003), Giorgi et al. (2004) e Kjellström (2004) hanno riscontrato un aumento sostanziale dell'intensità delle precipitazioni giornaliere in Europa. La stessa cosa si verifica durante l'estate anche nelle aree con una diminuzione delle precipitazioni medie, come l'Europa centrale e le regioni del Mediterraneo. Ciò è associato sia al cambiamento del numero delle giornate umide (diminuiscono nell'Europa meridionale) sia al cambiamento della quantità delle precipitazioni nelle giornate umide. Nel Mediterraneo così come nell'Europa orientale potrebbe verificarsi un aumento dei periodi di siccità entro la fine del 21mo secolo (Polemio e Casarano, 2004). Secondo Good et al. (2006), il periodo di siccità più lungo in un anno aumenterebbe del 50%, in particolare in Francia e nell'Europa centrale. Ad ogni modo, vi sono alcune prove recenti (Lenderink et al., 2006) che sostengono che tali proiezioni di ondate di siccità e di calore potrebbero essere leggermente sopravvalutate nel modello del clima regionale a causa della parametrizzazione dell'umidità del suolo (la scarsa capacità di immagazzinamento del suolo porta facilmente all'asciugatura del suolo).

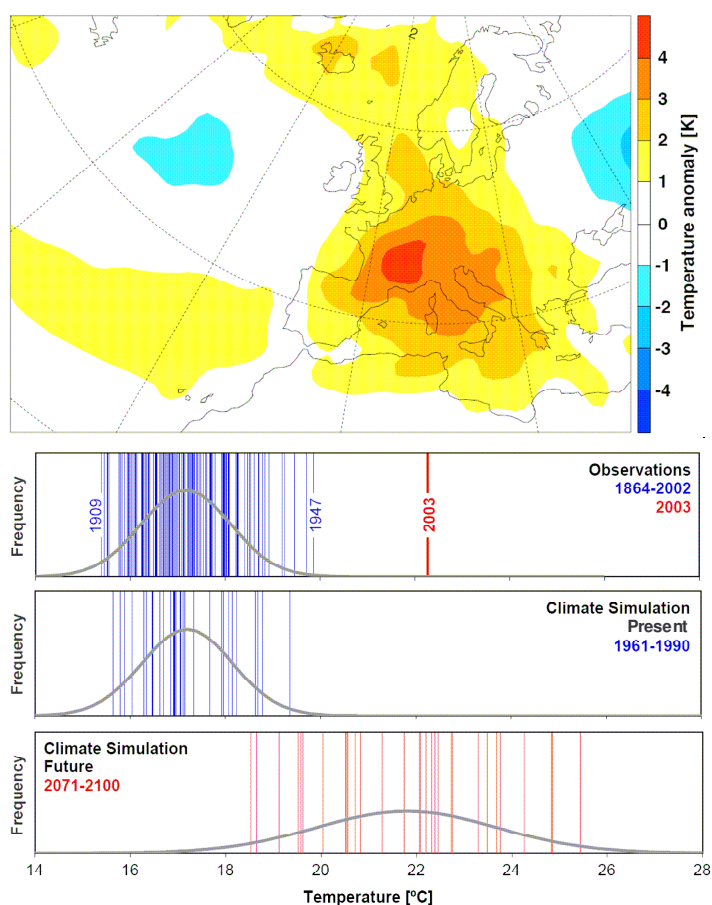
Gli effetti combinati delle temperature invernali più calde associate alle precipitazioni estive medie ridotte, aumenterebbe il verificarsi di ondate di calore e siccità. Schär et al. (2004) hanno sostenuto che in futuro il clima europeo durante la stagione estiva potrebbe raggiungere di anno in anno un aumento pronunciato della variabilità, e quindi un'incidenza più alta di ondate di calore e siccità (figura 6). Beniston et al. (2006) hanno stimato che i paesi dell'Europa centrale potrebbero raggiungere lo stesso numero di giornate torride di quelle che attualmente si verificano nel sud dell'Europa e che la siccità del Mediterraneo potrebbe iniziare prima e durare più a lungo. Le regioni più colpite potrebbero essere la Penisola Iberica meridionale, le Alpi, il litorale Adriatico orientale e la Grecia meridionale.



Sebbene soltanto sul Mediterraneo orientale si ripetono attualmente periodi di siccità, nel resto del Mediterraneo e anche in gran parte dell'Europa orientale potrebbero verificarsi tali periodi entro la fine del 21mo secolo. Secondo Good et al., il periodo di siccità più lungo in un anno aumenterebbe del 50%, in particolare in Francia e nell'Europa centrale (Good et al., 2006). Maggiori informazioni sulla siccità quale evento estremo saranno fornite nel capitolo 3.

### Figura 6: Caratteristiche delle ondate di calore dell'estate 2003

Modificata da Schär et al., 2004). a) anomalie delle temperature JJA in riferimento al periodo 1961-90. a-d) temperature JJA in Svizzera registrate durante il periodo 1864-2003 (b), utilizzo simulato RCM per il periodo 1961-1990 (c) e per il periodo 2071-2100 secondo lo scenario A2.



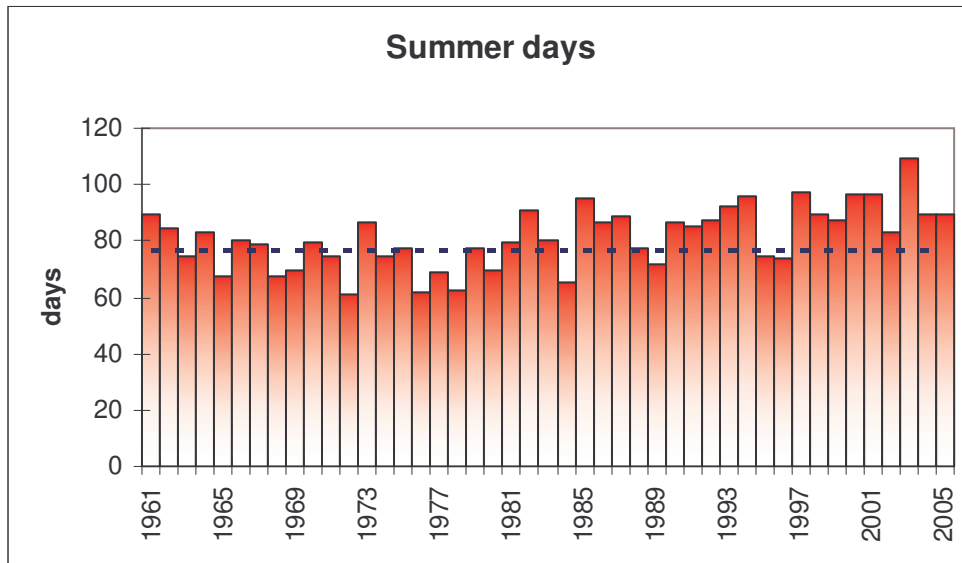
In Italia, numerosi importanti indicatori dei cambiamenti climatici e della variabilità possono essere derivati dai valori statistici delle variabili meteorologiche<sup>1</sup>. Per la valutazione delle "giornate di gelo" e delle "giornate torride", sono stati impiegati tre indici tra quelli definiti dal Gruppo di lavoro sull'individuazione dei cambiamenti climatici CCI/CLIVAR (Peterson TC et al., 2001): il numero annuale medio in Italia

<sup>1</sup> Raccolti, calcolati e diffusi attraverso "Sistema nazionale per la raccolta, elaborazione e diffusione dei dati Climatologici di Interesse Ambientale" (SCIA) ([www.scia.sinanet.apat.it](http://www.scia.sinanet.apat.it)), prodotti da APAT in collaborazione con il Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, l' "Ufficio Centrale di Ecologia Agraria" e numerose agenzie regionali per la tutela dell'ambiente (ARPA) (Desiato, Lena & Toreti, 2006).

delle giornate di gelo, cioè il numero delle giornate in un anno con temperature minime giornaliere al di sotto o pari a 0 °C; il numero annuale medio in Italia delle notti tropicali, cioè il numero dei giorni all'anno con temperature minime giornaliere al di sopra dei 20 °C; e il numero annuale medio delle giornate estive, cioè il numero di giorni all'anno con temperature massime giornaliere superiori ai 25 °C (APAT, 2006b). Le serie dei tre indici è stata ottenuta dalle temperature giornaliere minime e massime registrate in 49 stazioni sinottiche del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare distribuite su tutto il territorio italiano. Queste serie di dati sono verificate qualitativamente e soddisfano i requisiti fondamentali di completezza e continuità (Toreti & Desiato, 2006a, 2006b).

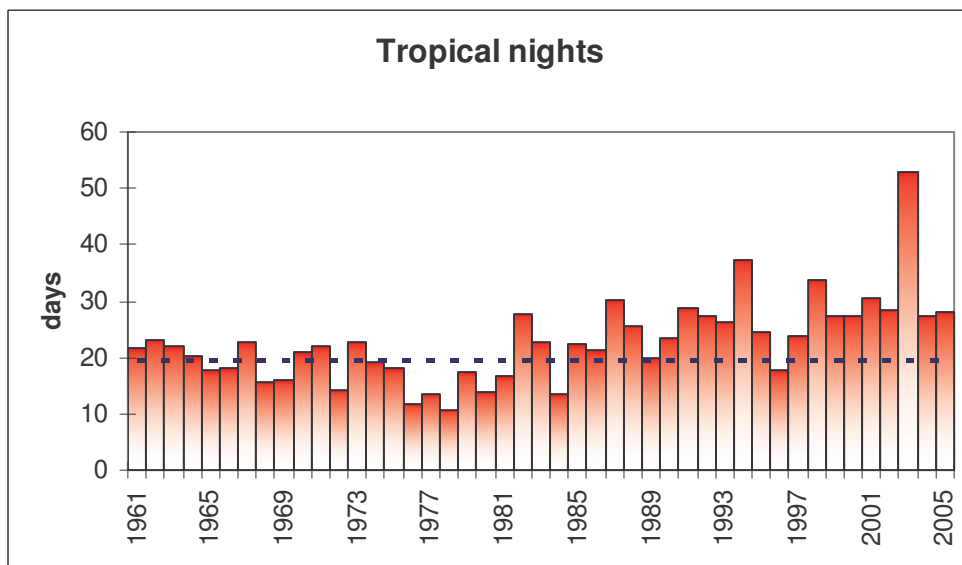
La figura 7 indica il numero medio delle giornate estive in Italia dal 1961 al 2005. La linea tratteggiata rappresenta il valore normale nel periodo 1961-1990. Sulla base di un modello statistico parametrico di ricognizione, è possibile distinguere due andamenti. Nel primo periodo considerato, dal 1961 al 1978, le giornate estive sono diminuite, mentre dal 1978 al 2004 sono aumentate. In tutto il periodo, si è osservato un netto aumento del 14% delle giornate estive. La figura 8 indica il numero medio delle notti tropicali in Italia dal 1961 al 2005. La linea tratteggiata rappresenta il valore normale nel periodo 1961-1990. Sulla base di un modello statistico parametrico di ricognizione, è possibile distinguere due andamenti. Nel primo periodo considerato, dal 1961 al 1981, il numero delle notti tropicali è diminuito, mentre dal 1981 al 2004 è aumentato vertiginosamente. Nel periodo complessivo è stato stimato un netto incremento di circa il 50% delle notti tropicali. La figura 9 indica il numero medio delle giornate di gelo in Italia dal 1961 al 2005. La linea tratteggiata rappresenta la media nel periodo 1961-1990. Sulla base di un modello statistico parametrico di ricognizione, è stata stimata una variazione di -0,25 giornate di gelo in un anno dal 1961 al 2004, che corrisponde ad una riduzione media di circa il 20% del numero delle giornate gelide in 43 anni. Questi risultati mostrano che gli andamenti a livello mondiale, come quelli osservati in Europa, sono applicabili anche all'Italia. Ciò aumenta la possibilità che gli scenari dei cambiamenti climatici a livello globale e regionale saranno validi anche per l'Italia.

**Figura 7: Andamento delle giornate estive in Italia**



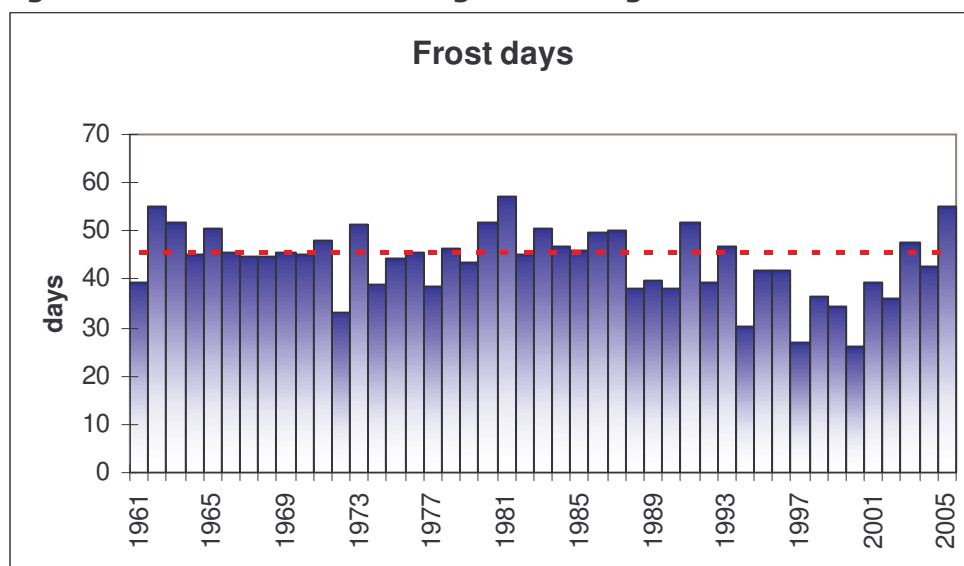
Fonte: APAT

**Figura 8: Andamento delle notti tropicali in Italia**



Fonte: APAT

**Figura 9: Andamento delle giornate di gelo in Italia**



Fonte: APAT

### 2.3 Scenari dei cambiamenti climatici in Europa

Per le proiezioni generali sul clima dell'Europa ci si basa principalmente sugli scenari forniti da IPCC-SRES utilizzando il periodo climatico normale (1961-1990) come linea base e come proiezione per l'anno 2070. Il riquadro 2 spiega alcune delle ipotesi di questi scenari.

#### Riquadro 2: Gli scenari dell' IPCC SRES

. La trama e lo scenario A1 descrive un mondo futuro con una crescita economica molto rapida, la popolazione mondiale registra un picco nella metà del secolo, diminuendo subito dopo, e la rapida introduzione di nuove e più efficienti tecnologie. I principali temi basilari sono la convergenza tra le regioni, lo sviluppo delle infrastrutture, le crescenti interazioni sociali e culturali, con una sostanziale riduzione delle differenze regionali sul reddito pro capite. Lo scenario familiare A1 si sviluppa in tre gruppi che descrivono direzioni alternative dei cambiamenti tecnologici nel sistema energetico. I tre gruppi A1 sono stati distinti in base alla propria enfasi tecnologica: combustibile fossile intensivo (A1FI), fonti energetiche non fossili (A1T) o un equilibrio tra tutte le fonti (A1B) (dove bilanciato è definito non come dipendente troppo pesantemente da una particolare fonte energetica, dall'ipotesi che simili tassi di miglioramento sono applicabili a tutte le forniture energetiche e finiscono per usare le tecnologie).

**A2.** La trama e lo scenario A2 descrive un mondo molto eterogeneo. Il tema fondamentale è l'indipendenza e la conservazione delle identità locali. I modelli di fertilità tra le regioni convergono molto lentamente, determinando un continuo incremento della popolazione. Lo sviluppo economico è principalmente rivolto all'ambito regionale e la crescita economica pro capite e i cambiamenti tecnologici più frammentati e lenti rispetto ad altre trame.

**B1.** La trama e lo scenario B1 descrive un mondo convergente con la stessa popolazione mondiale, che registra un picco nella metà del secolo e diminuisce subito dopo, come nella

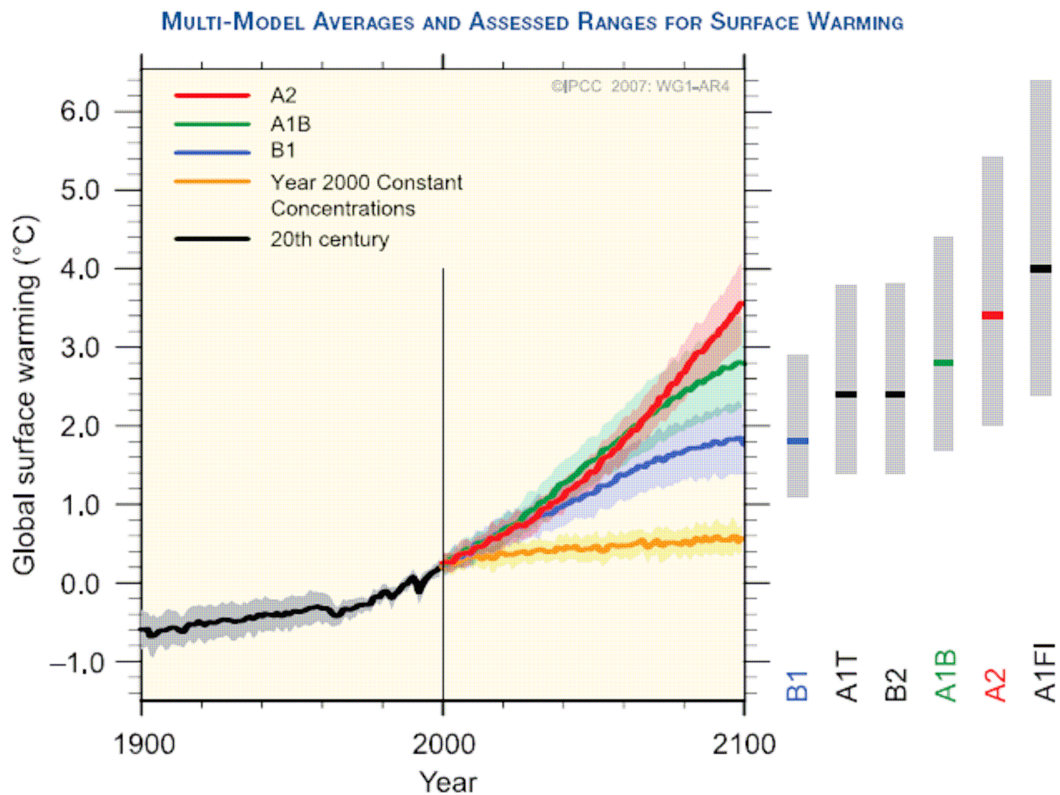
trama A1, ma con un rapido cambiamento nelle strutture economiche rivolto all'economia dei servizi e dell'informazione, con riduzioni nell'intensità materiale e l'introduzione di tecnologie pulite e con risorse efficienti. L'enfasi riguarda le soluzioni globali alla sostenibilità economica, sociale e ambientale, includendo un'equità migliorata, ma senza iniziative climatiche aggiuntive.

**B2.** La trama e lo scenario B2 descrive un mondo in cui si pone enfasi sulle soluzioni locali, sulla sostenibilità economica, sociale e ambientale. Si tratta di un mondo con una popolazione globale in continua crescita, ad un tasso inferiore rispetto a quello A2, livelli di sviluppo economico intermedi, e cambiamenti tecnologici meno rapidi e più diversi rispetto alle trame B1 e A1. Mentre lo scenario è orientato anche alla tutela dell'ambiente e all'equità sociale, esso si focalizza sul livello regionale e locale.

Tutti gli scenari dovrebbero essere considerati ugualmente validi. Gli scenari del SRES non comprendono iniziative climatiche aggiuntive, il che significa che non sono inclusi gli scenari che presuppongono esplicitamente la Convenzione Quadro sul Cambiamento Climatico delle Nazioni Unite o gli obiettivi sui livelli di emissioni fissati del Protocollo di Kyoto.

In futuro, è molto probabile che nell'arco del secolo si verifichino successivi cambiamenti nel Mediterraneo e in Europa: maggiori rispetto all'aumento medio previsto per le temperature più alte nell'Europa meridionale, diminuzione delle precipitazioni annuali in gran parte dell'area del Mediterraneo; una diminuzione del numero delle giornate piovose nell'area del Mediterraneo; una diminuzione della stagione nelle nevi e della loro intensità. Seguendo entrambi gli scenari A2 e B2 in Europa si verificherà un surriscaldamento in tutte le stagioni (in A2: 2,5 a 5,5 °C, B2: 1 a 4 °C, la variazione del cambiamento dovuta agli scenari di emissione e ai risultati dei modelli climatici differenti). Il surriscaldamento è maggiore nell'Europa orientale a dicembre, gennaio e febbraio e in Europa occidentale e meridionale a giugno, luglio e agosto (Giorgi, Bi & Pal, 2004). I risultati utilizzando due modelli climatici regionali secondo il progetto Prudenza, hanno mostrato un maggiore surriscaldamento in inverno piuttosto che in estate nell'Europa settentrionale ed il contrario sull'Europa meridionale e centrale. Un aumento vertiginoso delle temperature estive si verifica nelle regioni europee sud-occidentali (supera i 6°C in alcune zone della Francia e della Penisola Iberica) (Good et al., 2006, Kjellstrom, 2004, Räisänen et al., 2004)..

**Figura 10: Medie del multi-modello valutazione del range del riscaldamento superficiale**



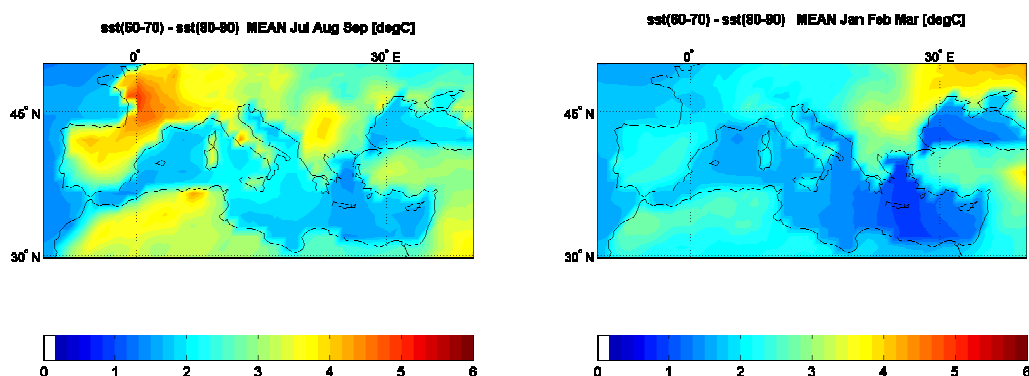
Per quanto riguarda le precipitazioni, in tutti gli scenari la media annuale delle precipitazioni diminuisce nell'Europa meridionale. Ma il cambiamento delle precipitazioni varia sostanzialmente da stagione a stagione e da regione a regione in risposta ai cambiamenti sulla circolazione a larga scala del peso del vapore acqueo. Giorgi et al. (2004) hanno scoperto che l'aumento dell'attività ciclonica nell'Atlantico a dicembre, gennaio e febbraio porta ad un aumento delle precipitazioni (fino al 15-30%) maggiore nell'Europa occidentale, settentrionale e centrale. Le precipitazioni durante questo periodo diminuiscono nell'Europa del Mediterraneo in risposta all'aumento della circolazione anticiclonica. Räisänen et al. (2004) hanno scoperto che le precipitazioni estive diminuiscono sostanzialmente (in alcune aree fino al 70% nello scenario A2) nell'Europa meridionale e centrale, e ad un livello inferiore nell'Europa settentrionale fino alla Scandinavia centrale. Giorgi et al. (2004) hanno individuato un aumento della corrente anticiclonica a giugno, luglio e agosto sull'Atlantico nord-orientale che comprende un cuneo di alta pressione sull'Europa occidentale e una saccatura sull'Europa orientale. Questa struttura a blocco defeziona i temporali in direzione nord, causando una diminuzione sostanziale e diffusa delle precipitazioni (fino al 30-45%) sul bacino del Mediterraneo e sull'Europa occidentale e centrale.

I cambiamenti dei venti sono maggiormente sensibili alle differenze delle correnti su larga scala che possono derivare da modelli mondiali diversi. Dalle simulazioni regionali basate su ECHAM4 , la ventosità annuale media sull'Europa settentrionale aumenta di circa l' 8% e diminuisce sull'Europa del Mediterraneo (Pryor, 2005, Räisänen et al., 2004). L'aumento nell'Europa settentrionale è maggiore in inverno e all'inizio della primavera, se l'aumento del gradiente della pressione nord-sud in media è maggiore. Dalle simulazioni regionali basate su HadAM3H , il cambiamento dei venti è minore in Europa, e laddove si verificano, rientra nei limiti della variabilità interna. Per la Francia e l'Europa centrale, tutte e quattro le simulazioni documentate da Räisänen et al. (2004) indicano un lieve aumento della velocità media dei venti in inverno con una diminuzione in primavera e in autunno.

### **2.3.1 Aumenti delle temperature prevedibili in Italia**

Oltre alle proiezioni regionali della Zona Euro, in Italia il gruppo di climatologia dinamica presso l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, ora parte del Centro Euromediterraneo per i Cambiamenti Climatici, ha sviluppato una serie di scenari per i paesi del Mediterraneo. Gli scenari sono basati sulle emissioni di gas serra dell' IPCC scenari SRES A2 and B2 (figura 10). Gli scenari delle emissioni corrispondono a diverse ipotesi sulle evoluzioni socio-economiche del pianeta, ma alla fine tutte riducono le quantità di concentrazione di gas serra per essere usati nel modello climatico. La figura 11 mostra i cambiamenti di temperatura sulla superficie terrestre attesi secondo lo scenario A2 per il periodo di riferimento (2060-2070 nel 21mo secolo in considerazione di un periodo simile nel 20mo secolo (1980-1990) (Gualdi & Navarra, 2006). È interessante notare che la distribuzione del surriscaldamento in estate nella figura 11 (sinistra) rassomiglia molto alla distribuzione del surriscaldamento dell'estate 2003. E' certamente impossibile attribuire qualsiasi singolo evento all'evoluzione progressiva del sistema, ma l'analogia è sorprendente e potrebbe confermare le speculazioni che il surriscaldamento si manifesterà attraverso un aumento della frequenza degli eventi come l'estate 2003.

**Figura 11: Cambiamenti di temperature secondo lo scenario A2**



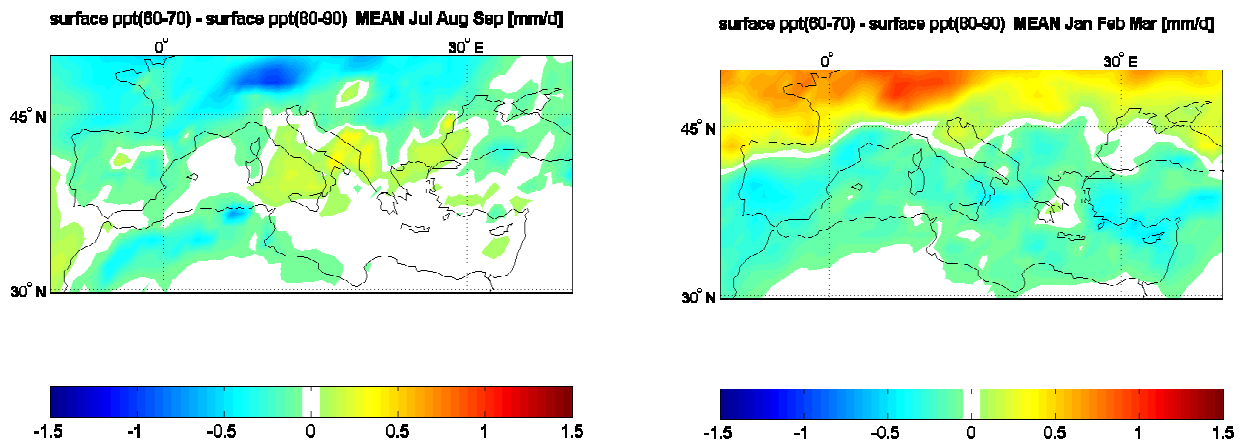
### 2.3.2 Cambiamenti delle precipitazioni previste in Italia

I cambiamenti delle precipitazioni sono illustrati nella figura 12 che visualizza i cambiamenti delle precipitazioni attese in mm/giorno secondo lo scenario A2 per il periodo di riferimento (2060-270) del 21mo secolo con riferimento allo stesso periodo del 20mo secolo (1980-1990). Le differenze tra gli scenari e il controllo sono espresse nella stessa schermata come nella precedente immagine. Le differenze sono misurate in mm di pioggia al giorno. Vi è una situazione confusa in estate, quando le precipitazioni diminuiscono ovunque, ad eccezione di un'ampia area sul sud dell'Italia e sull'Albania. Ad ogni modo, le precipitazioni estive nella regione del Mediterraneo sono ridotte di numero e quindi stiamo osservando piccole differenze in numeri piccoli, facilmente soggette ad errori casuali. E' piu' interessante ed importante esaminare le precipitazioni invernali nella figura 12 a destra. In questo caso possiamo osservare una situazione ben definita. Le precipitazioni mostrano una diminuzione su tutta la cintura mediterranea e possiamo notare un aumento corrispondente delle precipitazioni nell'Europa settentrionale. La dimensione è circa 0,5 mm al giorno che corrisponde a una quantità di 45 mm accumulata in 90 giorni della stagione. La climatologia osservata per l'inverno nell'Italia settentrionale è circa 200 mm per 90 giorni d'inverno. Ciò significa che stiamo affrontando una possibile diminuzione nelle precipitazioni entro la fine del 21mo secolo. Il modello dello scenario B2 è illustrato nella Figura 13 e rappresenta lo scenario dove il CO<sub>2</sub> si aumenta di meno. I cambiamenti seguono lo stesso modello generale del caso A2, ma in una forma più debole e disorganizzata. Comunque è ancora possibile riconoscere un modello caratteristico di surriscaldamento e una riduzione di precipitazioni tipica del modello A2. I

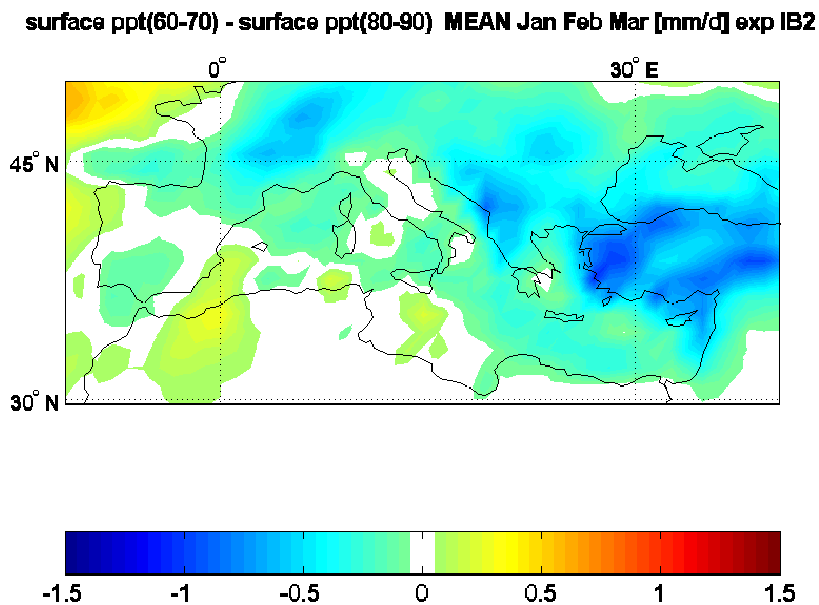


cambiamenti in mm al giorno delle precipitazioni attesi secondo lo scenario B2 per il periodo di riferimento (2060-270) nel 21mo secolo rispetto ad un periodo analogo nel 20mo secolo (1980-1990) sono illustrato nella figure 13.

**Figure 12: Cambiamento delle precipitazioni sotto scenario A2**



**Figura 13: Cambiamenti delle precipitazioni secondo lo scenario B2**



I risultati ottenuti sino ad oggi sono certamente interessanti, ma si dovrà valutare il grado di affidabilità di quelli delle simulazioni. Una riduzione del 25% delle precipitazioni invernali è il principale motivo di preoccupazione. Come si può credere a questo tipo di risultati? È senza dubbio una domanda difficile e importante alla quale non vi sono risposte semplici . In generale il senso di

affidabilità del modello può essere verificato analizzando la coerenza delle simulazioni sia internamente sia confrontandole con altri risultati già noti. La scelta del modello globale per simulare la variabilità climatica regionale offre un'interessante opportunità perché è possibile indagare sui pattern che abbiamo rilevato ed esaminato da un punto di vista puramente regionale, mostrando che fanno parte di sistemi più ampi e coerenti.

La Figura 14 mostra i cambiamenti delle precipitazioni in mm al giorno a livello globale attesi secondo lo scenario A2 per il periodo di riferimento (2060-270) nel 21mo secolo rispetto ad un periodo simile del 20mo secolo (1980-1990). Le differenze sono state ottenute come si è già detto in precedenza, ma in questo caso le stiamo presentando a livello globale. Focalizzandosi sulle precipitazioni invernali (pannello inferiore) si possono osservare numerosi aspetti interessanti. La prima osservazione riguarda la regione del Mediterraneo, molto piccola rispetto al resto della Terra; sono visibili cambiamenti molto ampi in altre regioni, ma meno ampio nel Mediterraneo. La seconda osservazione riguarda i cambiamenti di cui si è trattato nel precedente paragrafo, che sono infatti parte di un più ampio sistema che si estende dall'Oceano Atlantico all'Europa. È composto da due parti, quella settentrionale che è positiva ed indica un aumento delle precipitazioni; quella meridionale negativa che indica una diminuzione delle precipitazioni. Quest'ultima parte va a ricoprire l'intera regione del mediterraneo.

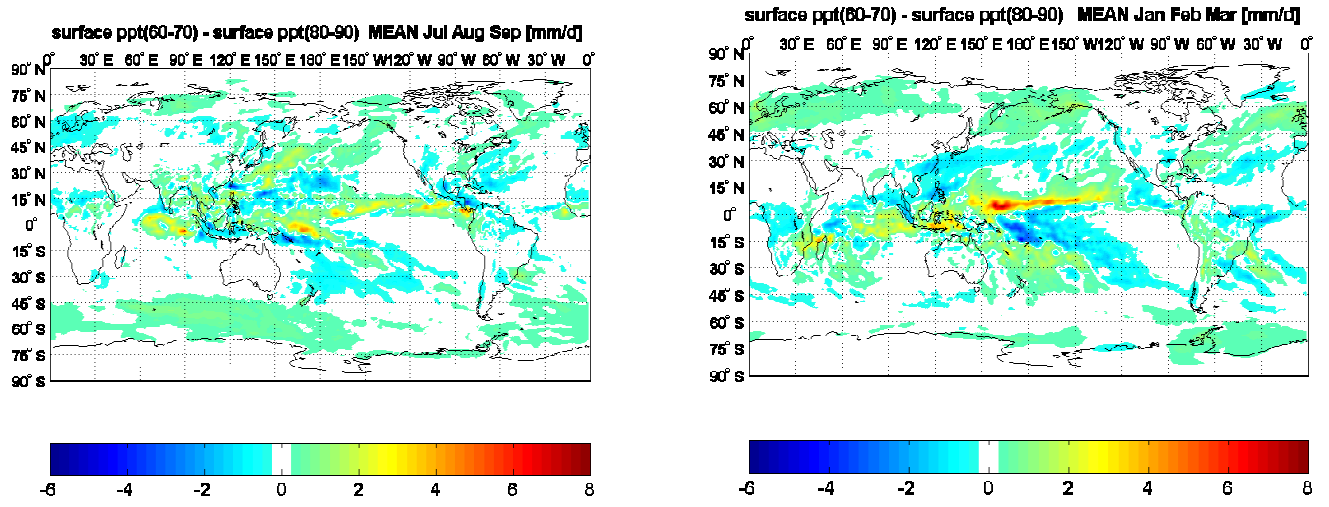
Le strisce parallele delle differenze opposte segnano il cambiamento nelle precipitazioni dominanti. Secondo questi scenari, alla fine del 21mo secolo le precipitazioni si sposteranno verso nord, lasciando un vuoto al sud e un eccesso nell'area verso cui si sono spostate. La mancanza di precipitazioni nella zona del Mediterraneo fa parte di un cambiamento molto più grande che riguarda l'Emisfero. È il confine tra la cella di Hadley<sup>2</sup> e la cella di Ferrel<sup>3</sup> che si è spostato verso nord rendendo la zona discendente e secca della corrente Hadley maggiormente dominante sul Mediterraneo, indebolendo le precipitazioni. Il fortunato equilibrio del Mediterraneo, tra il nord e il sud del mondo sembra essere in pericolo. Le osservazioni che i cambiamenti nel Mediterraneo siano parte di un più grande cambiamento fa aumentare l'affidabilità dei risultati, perché le simulazioni dei modelli sono di solito molto buone quando riguardano aree geografiche estese. Lo stesso discorso può essere valido anche per le temperature.

---

<sup>2</sup> La cella **Hadley** è un modello di circolazione che predomina l'atmosfera tropicale, con crescenti movimenti in prossimità dell'equatore, diretto verso il polo a 10-15 Km sulla superficie terrestre, discendente nelle fasce subtropicali, e verso l'equatore vicino alla superficie terrestre.

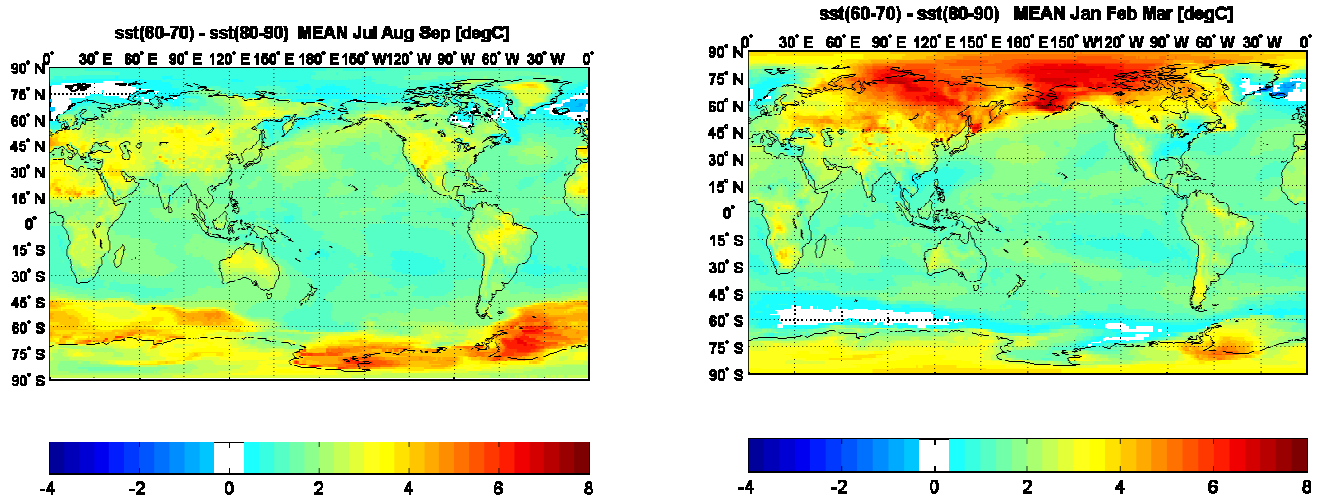
<sup>3</sup> La cella **Ferrel** è un tipo di corrente secondaria, la cui esistenza dipende dalla cella Hadley e da quella polare.

**Figure 14: Precipitazioni globali sotto lo scenario A2**



La figura 15 mostra i cambiamenti delle temperature attesi a livello globale secondo lo scenario per il periodo di riferimento (2060-2070) nel 21mo secolo rispetto ad un periodo simile del 20mo secolo (1980-1990). In questo caso l'effetto dominante è il surriscaldamento generale dei poli in inverno e un surriscaldamento generale della massa continentale in estate e l'Europa non fa eccezione.

**Figura 15: Cambiamenti delle temperature a livello globale secondo lo scenario A2**



# **Capitolo 3: Impatti ambientali di rilevanza per la salute osservati e prevedibili da cambiamento e variabilità del clima in Italia**

## **3.1 CICLO DELL'ACQUA, ACQUE INTERNE E MARINO -COSTIERE**

**di**

**Enzo Funari, Angiolo Martinelli, Monica Francesca Blasi, Mario Carere,  
Valentina Della Bella, Laura Mancini,  
Stefania Marcheggiani, Francesco Mattera,  
Mara Stefanelli**

## **3.2 ECOSISTEMI, SISTEMI FORESTALI E AGRICOLTURA**

**di**

**Lorenzo Cecchi, Simone Orlandini,  
Marco Morabito, Marco Bindi, Marco Moriondo**

## **3.3 AMBIENTE URBANO E SETTORI SOCIO-ECONOMICI**

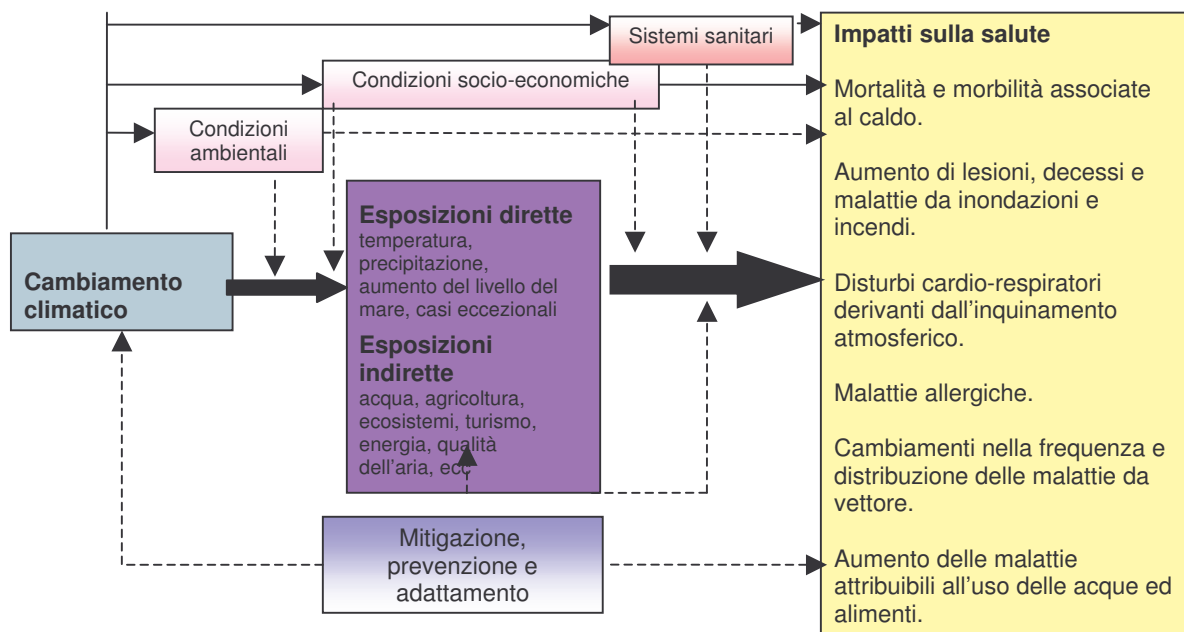
**di**

**Lorenzo Cecchi, Simone Orlandini,  
Francesco Forastieri  
Marco Morabito**

### 3 Impatti ambientali di rilevanza per la salute osservati e prevedibili da cambiamento e variabilità del clima in Italia

I cambiamenti osservati e prevedibili del sistema climatico avranno effetti sul sistema terrestre e i suoi diversi ambiti e aree. Ripartire gli impatti sulle diverse aree risulta piuttosto artificiale, giacché sono interconnesse le une con le altre. Comunque, per una migliore strutturazione e comprensione, è stata effettuata una divisione degli impatti in base alla nomenclatura IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change,). Pertanto , il capitolo 3.1 descrive gli impatti su ciclo dell'acqua, acque interne e marino-costiere ; nel capitolo 3.2 vengono considerati gli impatti su vegetazione, ecosistemi e agricoltura, mentre nel capitolo 3.3 sono analizzati gli impatti sull'ambiente urbano ed i settori socio-economici quali l'uso di energia ed il turismo . Tali impatti sono tutti correlati con la salute umana, poiché possono modificare o intensificare le esposizioni come illustrato in Figura 16.

**Figura 16: Impatti e rischi per la salute da cambiamenti climatici ed eventi estremi (B.Menne adattato da Confalonieri et al, 2007)**



## 3.1 Ciclo dell'acqua, acque interne e marino -costiere

- Lo stress idrico potrebbe aumentare del 25% in questo secolo, conducendo ad una più elevata domanda di acqua a scopo irriguo.
- L'approvvigionamento idrico sicuro è diventato un problema sociale ed economico in molte regioni.
- L'aumento del livello del mare mette a rischio di inondazione le zone costiere e le pianure.
- Gli episodi di intense precipitazioni potrebbero far aumentare le inondazioni.
- Temperature più elevate dell'acqua marina hanno permesso la migrazione e lo stanziamento di specie di alghe tossiche vicino alle coste italiane; diversi problemi sanitari sono stati rilevati nel periodo estivo.

Nella presente sezione vengono presentati i diversi tipi di impatti che variano dallo stress idrico agli impatti sulle acque balneari, alle inondazioni delle coste per l'aumento del livello del mare, alle esondazioni e alla siccità

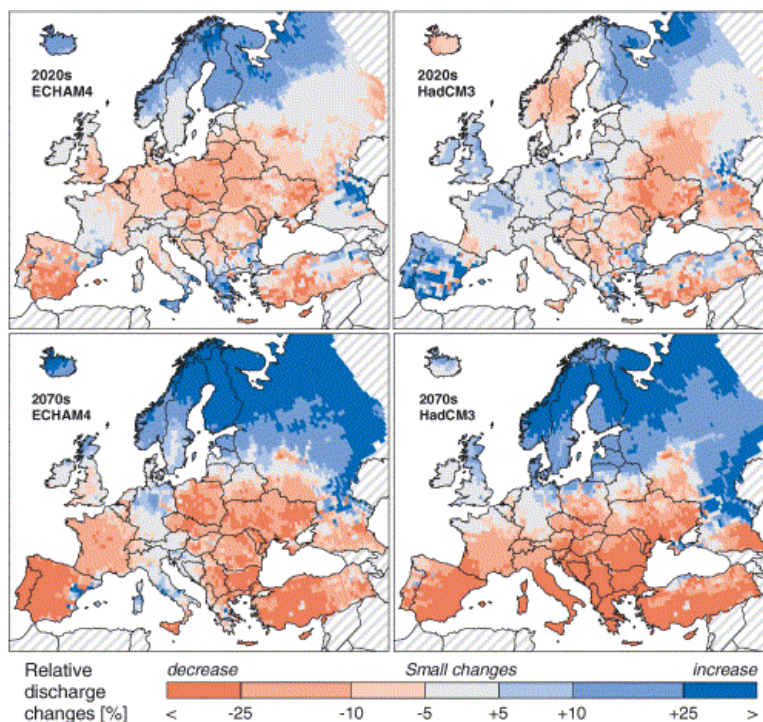
### 3.1.1. Stress idrico e ciclo dell'acqua

Osservazioni e proiezioni basate sui vari scenari e sui Modelli di Circolazione Globale (Global Circulation Models (GCM)) mostrano che il flusso dell'acqua sta diminuendo in alcune regioni d'Europa e diminuirà ulteriormente in futuro (Chang et al., 2002, Etchevers et al., 2002, Iglesias, Estrela & Gallart, 2005, Menzel,

L. & Burger, 2002). Gli studi indicano una diminuzione dei flussi d'acqua estivi nelle Alpi (Schroter et al., 2005, Zierl, B & Bugmann, 2005a). Il volume dei flussi d'acqua estivi di ridotta portata può diminuire fino al 50% nell'Europa centrale (Eckhardt & Ulbrich, 2003), e fino all'80% nel Mediterraneo (Santos, K. Forbes & Moita, 2002). Perciò, le aree più soggette ad un incremento dello stress idrico sono il Mediterraneo (Portogallo, Spagna) ed alcune parti dell'Europa centrale e orientale dove i volumi di deficit possono aumentare in cento anni del 25% (Lehner et al., 2005), e dove è previsto l'incremento più significativo nella domanda di acqua a scopo irriguo (Döll, 2002, Donevska & S. Dodeva, 2004, Santos, K. Forbes & Moita, 2002). E' probabile che il fabbisogno di acqua per l'irrigazione diventi essenziale in Paesi dove ora è già difficile la sua gestione (Holden et al., 2003). La domanda d'acqua può essere influenzata da variazioni nella quantità e nella distribuzione delle zone agricole poiché influenzate, in futuro, dalla Politica Agricola Comune dell'UE (PAC). Anche La ricarica delle acque freatiche può essere ridotta (Eitzinger et al., 2003), con una maggiore riduzione nelle valli (Krüger, U. Ulbrich & P. Speth, 2002) e nelle zone pianeggianti (ad es. nelle steppe ungheresi) (Somlyódi, 2002). La Figura 17 indica la variazione annuale nella portata del bacino fluviale tra il periodo di base (1961-90) e i due intervalli temporali futuri (2020) e (2070), come

calcolato dai modelli climatici globali ECHAM4 e HadCM3 e dallo scenario di base A sull'uso dell'acqua (Lehner et al., 2005).

**Figura 17: Variazione annuale della portata del bacino dei fiumi**



Fonte: (Lehner et al., 2005)

In molte parti d'Italia, in particolare al Sud, è diventato sempre più difficile soddisfare la richiesta di acqua. Gli ultimi anni di siccità ed il costante aumento della domanda idrica per uso civile hanno reso più problematica la fornitura a scopi irrigui. La riutilizzazione delle acque di scarico potrebbe costituire una soluzione percorribile per soddisfare la domanda idrica rientrando comunque in uno schema di gestione controllata e pianificata. Lo sfruttamento pianificato delle acque di scarico comunali potrebbe facilitare il soddisfacimento della domanda di acqua a scopo irriguo in particolare nell'Italia meridionale, dove gli agricoltori hanno praticato il riutilizzo in modo incontrollato di tali acque, per lungo tempo. Il riutilizzo di acque reflue potrebbe avere conseguenze sulla salute umana, se non è applicato uno stretto controllo. In alcune regioni come la Sicilia hanno operato sistemi di riutilizzo; attualmente inoltre, sono in corso alcuni progetti di riutilizzo delle acque reflue (Barbagallo, Cirelli & Indelicato, 2001).



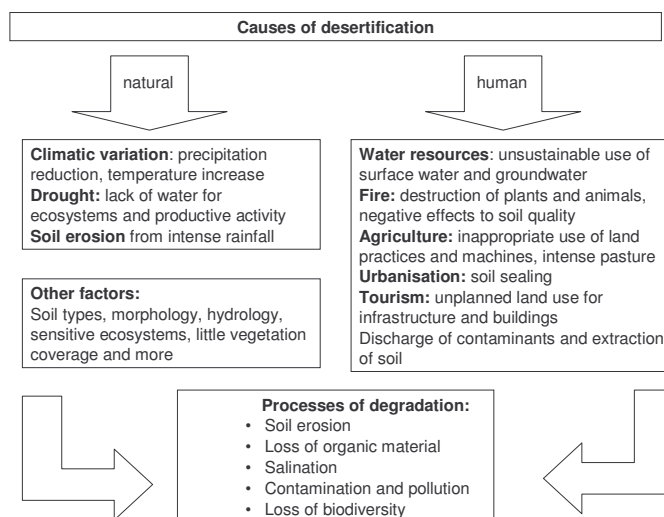
### 3.1.2 Siccità e desertificazione

E' altamente probabile che i mutamenti nel ciclo dell'acqua aumentino il rischio di siccità. Si definisce siccità un periodo di precipitazioni al di sotto della media che influenzano negativamente la produttività primaria e causano scarsità di acqua. L'impatto più rilevante della siccità si verifica sull'agricoltura e sulla qualità del suolo. Siccità estese, in effetti, rendono il suolo più vulnerabile all'erosione e alla desertificazione. Anche la produzione degli alimenti può essere influenzata, come dimostrato dalle ondate di caldo del 2003. Ciò è stato associato a un deficit delle precipitazioni annuali fino a 300 mm, e la siccità è stata la causa principale della riduzione stimata in tutta Europa del 30% nella produzione primaria lorda degli ecosistemi terrestri (Ciais et al., 2005). Questo ha ridotto la produzione agricola e aumentato i costi di produzione, causando un danno stimato maggiore di 11 miliardi di euro (Olesen, J.E. & Bindi, 2003). E' probabile che il rischio di siccità aumenti nell'Europa meridionale e centrale. Diversi studi sui modelli hanno mostrato una diminuzione del numero dei giorni di precipitazioni (ad es., Semenov e Bengtsson, 2002; Voss et al., 2002; Räisänen et al., 2003; 2004; Frei et al., 2006) ed un aumento nella durata degli episodi più lunghi di siccità in quest'area (Voss et al., 2002; Pal et al. 2004; Beniston et al. 2006; Tebaldi et al. 2006). E' probabile che la diminuzione delle precipitazioni, unitamente all'incremento dell'evaporazione in primavera e all'inizio precoce dell'estate, conducano alla riduzione dell'umidità del suolo in estate nella regione del Mediterraneo e in parti dell'Europa centrale (e.g., Douville et al., 2002).

La siccità può aumentare i rischi di erosione e desertificazione del suolo. Questo è abbastanza comune in molti paesi poiché l' inappropriato uso del territorio e l'estrazione dell'acqua freatica aumentano la vulnerabilità dei suoli. Si prevede che il cambiamento climatico influenzi il processo di desertificazione aumentando l'intensità delle precipitazioni, che accentuerà la perdita idrica attraverso i fenomeni del deflusso e dell'erosione; incrementando l'evapotraspirazione, che causa la salinizzazione del suolo; con l'aumento dell'aridità che contribuirà a ridurre le concentrazioni di sostanza organica nel suolo e con l'incremento della siccità che metterà a repentaglio molte attività antropiche (si veda la figura 18). In ogni caso, gli scienziati non sono ancora in grado di prevedere come l'aumento dei livelli atmosferici di gas serra influenzeranno il tasso globale di desertificazione. Quello che possono prevedere è che le variazioni di temperatura, evaporazione e precipitazioni varieranno da regione a regione. Come conseguenza, è probabile che

la vulnerabilità rispetto alla desertificazione si aggravi in talune aree critiche, in modo particolare nel bacino del Mediterraneo<sup>4</sup>.

**Figura 18: Framework logico del processo di desertificazione**



Adattata da (Sciortino et al., 2000)

In Italia, l'aridità è aumentata nel corso del ventesimo secolo nelle regioni meridionali e insulari, sia in termini di aumento del numero di aree coinvolte, sia in termini di valori dell'indice. Le aree di sensibilità alla desertificazione attualmente interessano significativamente le principali regioni dell'Italia meridionale come Sicilia, Sardegna, Puglia, Basilicata e Calabria. Allo stesso tempo, l'erronea concezione e implementazione di numerose politiche di supporto all'agricoltura, l'uso inappropriato di risorse idriche per l'irrigazione, gli incendi boschivi, l'aumento dell'urbanizzazione delle zone costiere hanno, tutti, contribuito ad un lento esaurimento delle risorse del suolo, sia quantitativamente che qualitativamente.

### 3.1.3 Aumento del livello del mare e inondazioni costiere

La vulnerabilità delle acque della piattaforma costiera e di taluni tratti costieri rispetto all'aumento del livello del mare e delle inondazioni costiere dipende da numerosi fattori locali (Duffy & Devoy, 1998, EEA, 2004a, 2004b, Smith et al., 2000, Swift et al., 2005). A titolo esemplificativo, i tratti costieri bassi densamente popolati e le piccole variazioni di marea saranno maggiormente vulnerabili all'innalzamento del livello del mare (Kundzewicz & Parry M, 2001). Le inondazioni

<sup>4</sup> Nel contesto del progetto DISMED (Desertification Information System in the Mediterranean Area -Sistema informativo sulla desertificazione nell'area del Mediterraneo) è stato sviluppato un indice per valutare la vulnerabilità rispetto alla desertificazione, e applicato ai paesi nel Mediterraneo. Può essere visualizzata una mappa sulle aree a rischio di desertificazione presso: [http://www.ibimet.cnr.it/Case/dismed\\_products.php](http://www.ibimet.cnr.it/Case/dismed_products.php) ed indica che, in modo particolare, l'Italia meridionale e le isole della Sicilia e della Sardegna sono a rischio di desertificazione

costiere legate all'innalzamento del livello del mare potrebbero colpire ampie popolazioni in tutta Europa (Arnell et al., 2004). Secondo lo scenario SRES A1FI, entro il 2080, in Europa, fino a 2,5 milioni di persone, ogni anno, potrebbero far esperienza di inondazioni costiere (Nicholls, Robert J., 2004). Approssimativamente il 20% delle zone umide costiere esistenti potrebbero scomparire entro il 2080, secondo gli scenari SRES, a causa dell'innalzamento del livello del mare in Europa (Devoy, in press, Nicholls, Robert J., 2004). E' anche probabile che gli impatti di tale innalzamento e il relativo riscaldamento climatico sugli ecosistemi marini-costieri intensifichino i problemi di eutrofizzazione e di stress sui sistemi biologici (EEA, 2003a, 2004b, 2005, Robinson et al., 2005). Inoltre, in zone di subsidenza costiera o di rilevante attività tettonica, come nelle regioni Mediterranee e del Mar Nero con basse oscillazioni della marea, l'innalzamento del livello del mare legato al clima potrebbe aumentare, in modo significativo, il danno potenziale derivante da onde anomale e tsunami (Gregory et al., 2001). In ogni caso, gli esperimenti indicano un calo della burrascosità e dell'intensità del vento in direzione est, nel Mediterraneo (Busuioc, Chen & Hellstrom, 2001, Tomozeiu, Stefan & Busuioc, in press), ma un aumento della burrascosità localizzata in parti del mar Adriatico, Egeo e Mar Nero (Guedes Soares et al., 2002).

Per quanto riguarda le coste italiane, l'aumento del livello del mare comporterà alti rischi. Secondo uno studio condotto dal NASA-GISS circa 4500 km<sup>2</sup> di aree costiere e pianeggianti sarebbero a rischio di inondazioni costiere: le inondazioni potrebbero essere distribuite in modo significativo nell'Alto Adriatico; alcune aree dell'Italia Centrale e dell'Italia meridionale.

#### **3.1.4 Precipitazioni intense ed esondazione dei fiumi**

Le variazioni nel ciclo dell'acqua aumentano anche il rischio di inondazioni. Un incremento delle precipitazioni intensive di breve periodo, nella maggior parte dell'Europa, è probabile che conduca ad un aumento del rischio di piene improvvise (EEA, 2004b). L'aumento delle precipitazioni estreme, di breve periodo, condurrebbe ad un incremento del rischio di piene improvvise ovunque in Europa, in modo particolare nell'Europa mediterranea e orientale (Ludwig et al., 2003). Ciononostante, il rischio di inondazione derivante dal cambiamento climatico potrebbe essere enfatizzato da vari fattori antropici quali l'incremento della superficie impermeabile dovuta all'urbanizzazione (de Roo et al., 2003) ed essere modificato dai mutamenti nella copertura vegetale (Robinson et al., 2003) nei piccoli bacini idrografici.

In Italia, i dati suggeriscono che inondazioni e siccità sono state più frequenti negli ultimi 50 anni (APAT, 2004a). Il rischio inondazioni in Italia è diffuso, in modo particolare, a causa della peculiare conformazione geologica e geomorfologica caratterizzata da un'orografia giovane. In Italia alcune aree sono soggette al fenomeno della subsidenza, che aumenta ulteriormente questo rischio. La subsidenza è un fenomeno geologico caratterizzato dal movimento di abbassamento verticale della superficie terrestre. In Italia, tale fenomeno negli ultimi anni è aumentato come conseguenza delle attività umane, in modo particolare per l'eccessivo sfruttamento delle falde acquifere. E' stato valutato che nella pianura del Po orientale, nell'Italia settentrionale, gli effetti ultimi delle attività umane sulla subsidenza sono più alti almeno di un ordine di grandezza rispetto a quelli dovuti solo a processi naturali di lungo termine. Può essere anche dimostrata una chiara correlazione tra la frequenza delle inondazioni e una rapida subsidenza (Carminati & Martinelli, 2002). Una relazione tecnica del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (Ministero dell'Ambiente, 2000) quantifica le aree ad alto rischio di inondazione: esse coprono un'area di 7.774 km<sup>2</sup>, corrispondente al 2,6% del territorio nazionale. Le inondazioni possono avere numerose conseguenze per la salute umana, le infrastrutture e l'ambiente. Le inondazioni più drammatiche in Italia si sono verificate nel Po (1951, 1994, e 2000) e nel bacino del fiume Arno (1966). La Tabella 2 riporta le principali inondazioni registrate in Italia dal 1951 al 2003, come sintetizzate dall'APAT<sup>5</sup>

**Tabella 2: Principali inondazioni in Italia**

Periodo dell'evento		Regione	Perdita di vite umane	Danni totali stimanti	Danno totale stimato / PIL*
			n.	Milioni di €	%
1951	16-22 Ottobre	Calabria, Sicilia, Sardegna	110	15,49	0,2791
1951	8-12 Novembre	Piemonte, Lombardia, Veneto, Liguria, Emilia Romagna	100	206,58	3,7216
1953	21 Ottobre	Calabria	100	-	-
1954	26 Ottobre	Campania	318	23,24	0,3295
1966	3-5 Novembre	Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Liguria, Toscana, Lazio, Sardegna	118	516,56	2,5107

<sup>5</sup> Sulla base di informazioni derivanti dall'ISTAT, sul progetto GNR-GNDCI AVI, ARPA Piemonte, SICI, Benedettini e Gisotti "il dissesto idrogeologico", FLANET, Nimbuswd, EM-Dat: L'Archivio Internazionale sui Disastri OFDA/CRED; Scienza e Tecnica, anno LXVI – n. 393 – maggio 2003, Centro studi per la flora mediterranea-Borgo Val di taro (Parma), l'alluvione del fiume Taro nel novembre 1982; commissione interministeriale per lo studio della sistemazione idraulica e della difesa del suolo, l'evento alluvionale del novembre 1966; CONACEM.

1968	2-4 Novembre	Piemonte	74	154,04	0,6418
1976	5 Novembre	Sicilia	18	51,65	0,0571
1978	6-10 Agosto	Piemonte	18	51,65	0,0400
1983	3-11 Settembre	Piemonte, Lombardia, Friuli Venezia Giulia	6	154,94	0,0474
1987	18 Luglio - 28 Agosto	Lombardia	53	1549,37	0,3047
1991	12 Ottobre	Toscana, Sicilia	12	77,47	0,0104
1991	19 Ottobre	Lazio	3	-	-
1994	3-6 Novembre	Piemonte	64	2840,51	0,3326
1996	18-19 Giugno	Toscana	21	200,00	0,0204
1996	14 Ottobre	Calabria	6	113,62	0,0116
2000	14-16 Ottobre	Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Liguria	37	2582,28	0,2214
2001	13-16 Settembre	Campania	2	165,27	0,0136
2002	14 Novembre, 7 Dicembre	Piemonte, Lombardia, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Liguria, Emilia Romagna	2	850,00	0,0674
2003	23-26 Gennaio	Abruzzo, Molise, Campania, Puglia	1	810,00	0,0623

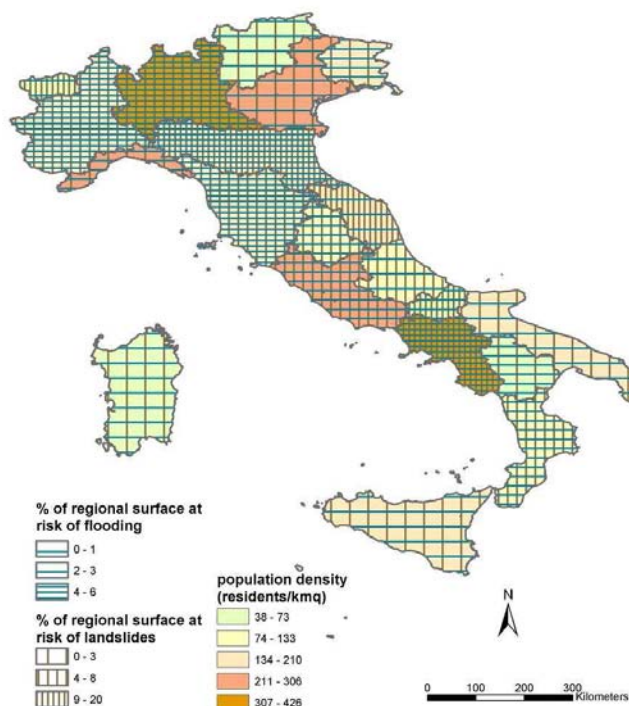
\* Prodotto Interno Lordo

Fonte: APAT 2004

La piovosità intensa è anche causa di frane. La Figura 19 riassume le informazioni sulle percentuali di superfici regionali a rischio di inondazione e di frane per le regioni d'Italia (APAT, 2004a, 2004b) modificata con l'informazione associata sulla densità della popolazione. Per esempio la Lombardia e la Campania hanno alte densità medie di popolazione con più di 300 persone per chilometro quadro e, contestualmente, una parte relativamente grande di territorio è a rischio di inondazione (il 4-6% del territorio regionale) e di frane (il 9-20% per la Campania, il 4-8% per la Lombardia).

**Figura 19: Regioni italiane: rischi di inondazioni e di frane**

Regions of Italy: Risk of flooding and landslides



Fonte: parzialmente modificato da APAT 2004

### 3.1.5 Acque di balneazione

Nella presente sezione sulle acque di balneazione sono evidenziati due impatti con implicazioni sanitarie: prima di tutto, i cambiamenti nei laghi in Italia e, in secondo luogo, il problema delle alghe marine tossiche. Con riferimento ai laghi, gli studi condotti evidenziano impatto sui laghi italiani alpini ma anche quelli del resto d'Italia attribuibili all'aumento della temperatura. Quest'ultima causa un incremento termo-energetico delle acque superficiali e di quelle profonde dei laghi e influenza la circolazione e il mescolamento dell'acqua nel lago, annuale e a lungo termine specie nella tarda estate quando si verifica l'inversione termica. Vi è una diminuzione del mescolamento delle acque nei laghi e questo diminuisce la disponibilità di ossigeno nell'acque profonde. In ogni caso, in condizioni anossiche, la mineralizzazione delle sostanze organiche è indebolita o rallentata ed aumenta il rischio di processi anaerobici ed il rilascio di metano e CO<sub>2</sub>. Una mancanza di ossigeno nelle acque profonde aumenta anche la mobilizzazione di metalli e nutrienti (ad es. fosforo), che conduce ad una crescita eccessiva di alghe,

cianobatteri (si veda il capitolo 4) e a problemi eutrofici nell'ecosistema del lago. I mutamenti della qualità dell'acqua riguardano anche l'attività e la salute umana, come descritto nel capitolo 4. Questi effetti sono stati osservati presso Lago Maggiore, Lago di Garda, Lago d'Orta, Lago di Como (Ambrosetti & Barbanti, 1999), Lago d'Iseo (Garibaldi et al., 1999) e Lago di Bolsena (Bruni, 1998). Allo scopo di monitorare tali cambiamenti, sono necessarie serie temporali di importanti indicatori quali la biomassa delle alghe e la clorofilla.

Con riferimento alle alghe marine tossiche, l'osservazione dell'aumento delle temperature del Mar Mediterraneo è critico dagli anni '80. Nel giugno e luglio 2003, le temperature della superficie del mare hanno raggiunto valori particolarmente alti di 28°C con picchi di 32°C<sup>6</sup>. Talune specie tropicali hanno colonizzato il Mar Mediterraneo, provenendo da altri mari attraverso il Canale di Suez, lo Stretto di Gibilterra ([www.ipsema.it](http://www.ipsema.it)) e attraverso l'acqua di zavorra delle navi (Carlton & Geller, 1993). Numerose specie di alghe tossiche vivono nel Mar Mediterraneo (Ade, Funari & Poletti, 2003). Ultimamente, nell'ambiente marino italiano, sono state trovate anche alcune specie tropicali tossiche per i pesci. Alcune di esse, *Heterosigma akashiwo*, *Chattonella antiqua*, *Chattonella marina*, *Fibrocapsa japonica* (tutte Rafidoficee) producono tossine del gruppo delle brevetossine (Mattei & Bruno, 2005). Inoltre, negli ultimi anni, numerosi tratti costieri italiani sono stati interessati dalla comparsa dell' *Ostreopsis ovata*, una specie marina di dinoflagellati (Gallitelli et al., 2005, Sansoni et al., 2003). Si tratta di una specie bentica che vive sulle macroalghe rosse e brune nelle regioni tropicali o subtropicali. Alcune varietà di *Ostreopsis* producono palitossine e similari che si possono accumulare nei pesci e sono implicate nell'intossicazione da clupeidi, associata al consumo di pesci clupeidi (Onuma et al., 1999). La palitossina è una delle tossine marine non peptidiche più potenti. Ha una dose letale per il 50% di ratti, topi, cani e scimmie, quando somministrata in via endovenosa, a valori tra 0,03 e 0.45µg/kg; la palitossina causa citolisi come conseguenza dell'inibizione della Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>-ATPasi (Tosteson, 2000). E' stata riconosciuta come agente causa dell'intossicazione mortale umana derivante dal consumo di frutti di mare. (Onuma et al., 1999). Inoltre, nell'estate 2005, circa 200 persone, che hanno trascorso del tempo sulle o vicino le spiagge nel tratto costiero nord-occidentale italiano, nei pressi della città di Genova, hanno fatto ricorso a trattamenti medici per sintomi quali rinorrea, tosse, febbre, broncocostrizione con lievi difficoltà respiratorie, dispnea, ed, in pochi casi, congiuntiviti. Per quasi tutte queste persone, i sintomi si sono risolti dopo poche ore

---

<sup>6</sup> Si vedano i dettagli sotto <http://www.ipsema.it/natutes/natutes24/indice24.htm>: Tarelletto Alessio Il Mediterraneo nuovo paradiso tropicale

e solo 20 persone sono state ricoverate in ospedale (Brescianini et al., 2005 e 2006). La *Ostreopsis ovata* è stata ritenuta come la possibile causa, infatti negli stessi giorni era presente una fioritura di questa specie nell'area di spiaggia interessata. E' stato ipotizzato che questi sintomi potrebbero essere dovuti all'inalazione di aerosol contenente frammenti di *Ostreopsis ovata*. L'analisi del contenuto di campioni marini ha mostrato la presenza della palitossina in queste alghe (Penna et al., 2005). Sulla base dell'esperienza del 2005, nel 2006, è stato condotto un efficace programma di monitoraggio allo scopo di prevenire la pericolosa esposizione alla fioritura di *Ostreopsis ovata* (si veda [www.arpal.org](http://www.arpal.org)). Episodi analoghi ma meno intensi sono stati osservati nelle coste laziali e pugliesi nel 2004 (Sansoni et al., 2003). Tale fenomeno è simile a quello che si verifica nel Golfo del Messico dove persone esposte ad aerosol marino durante la fioritura della *Karenia brevis* soffrono di difficoltà respiratorie, irritazione e bruciore alla gola e alle alte vie respiratorie (Cheng, Yung Sung et al., 2005). Questi esempi mostrano che la comparsa di nuove specie negli ecosistemi marini può comportare rischi emergenti per la salute umana.



## 3.2 Ecosistemi, sistemi forestali e agricoltura

E' un fatto ormai accreditato che il recente surriscaldamento stia colpendo fortemente i sistemi biologici terrestri, comprendendo cambiamenti quali l'anticipazione degli eventi primaverili. Anche l'osservazione satellitare dai primi anni '80 mostra una tendenza in molte regioni verso un 'greening' (inverdimento) anticipato della vegetazione in primavera, legata a stagioni di crescita termiche più lunghe a causa del recente riscaldamento. Inoltre vi è una forte convinzione che i cambiamenti osservati nei sistemi biologici marini e d'acqua dolce siano

- I cambiamenti climatici alterano le caratteristiche di piante allergeniche, biodiversità ed ecosistemi montani
- L'aumento dell'aridità del suolo e gli incendi forestali minacciano le foreste italiane.
- Il rendimento e la durata delle colture estive potrebbe diminuire a causa di eventi climatici estremi

associati all'aumento della temperatura dell'acqua, nonché ai connessi mutamenti della copertura dei ghiacciai, della salinità, dei livelli e della circolazione dell'ossigeno. Questi includono mutamenti nella varietà e cambiamenti dell'abbondanza di alghe, plancton e pesci negli oceani delle latitudini estreme, aumenti nell'abbondanza delle alghe e dello zooplancton alle alte latitudini e nei laghi di alta quota e modificazioni della varietà e migrazioni anticipate dei pesci nei fiumi (Alley et al., 2007). Di seguito, sono forniti alcuni esempi.

### 3.2.1 Fenologia e piante allergeniche

La cadenza degli eventi dei cicli vitali quali la schiusa delle gemme, la migrazione degli uccelli e la deposizione delle uova, gli spostamenti verso i poli e verso l'alto dell'habitat di specie vegetali e animali, risultano molto sensibili rispetto a numerose variabili climatiche quali la temperatura ambientale (Ahas, Jaagus & Aasa, 2000) o la disponibilità idrica (Peñuelas, J, Filella & Comas, 2002). Di conseguenza, la cronologia delle fasi fenologiche delle piante costituisce un indicatore per il controllo della reazione degli ecosistemi al cambiamento climatico. L'analisi dei dati storici nell'area mediterranea mostra che lo sviluppo fenologico della pianta è colpito più dalla temperatura che dalle precipitazioni (Gordo & Sanz, 2005). In generale, nelle piante a fioritura primaverile, l'aumento della temperatura osservata consente una schiusa delle gemme, una fioritura e una crescita dei frutti anticipate, mentre la temperatura autunnale più calda ritarda la caduta delle foglie, estendendo il ciclo vitale della foglia (Frenguelli, 2002, Gordo & Sanz, 2005, Peñuelas, J, Filella & Comas, 2002). L'allungamento della stagione di crescita della

pianta è associata alla diminuzione della probabilità di danni da gelo su giovani foglie e fiori poiché alcune analisi di serie temporali indicano un trend negativo nella frequenza annuale di giorni di gelo (Kostopoulou & Jones, 2005) e (Toreti & Desiato, 2006a, 2006b).

Inoltre, studi recenti hanno mostrato l'impatto potenziale del cambiamento climatico su piante allergizzanti, quindi sui pollini che, in questo contesto, sono chiamati anche aeroallergeni. La stagione dei pollini, la quantità, l'allergenicità degli stessi, la distribuzione di piante e pollini (Beggs, P. J., 2004) dipendono dal clima e reagiscono ai cambiamenti climatici. Prima di tutto, la durata media della stagione di crescita, in Europa, è aumentata di dieci/undici giorni durante gli ultimi trenta anni. Si è anche estesa la durata della stagione dei pollini in modo particolare in estate e nelle specie a fioritura tardiva (Huynen, M. & et al, 2003). Inoltre, un inizio ed un picco anticipati della stagione dei pollini sono più pronunciati in specie che iniziano prima la fioritura durante l'anno (Corden, Millington & Mullins, 2003, Emberlin et al., 2002, Fitter & Fitter, 2002, Spiexsma et al., 1995). Riguardo alla quantità dei pollini, vi è stata una tendenza all'aumento nelle decadi passate, in linea con gli incrementi locali della temperatura. In condizioni sperimentali, aumenti sostanziali della produzione dei pollini derivano dall'esposizione all'aumentata concentrazione di CO<sub>2</sub> (Rogers et al., 2006, Wayne et al., 2002, Ziska, L.H. & Caulfield, 2000). Vi sono alcune evidenze di una maggiore allergenicità dei pollini derivanti da alberi cresciuti a temperature più alte (Ahlholm, Helander & Savolainen, 1998, Hjelmroos, Schumacher & Van Hage-Hamsten, 1995). Oltre a queste tendenze, i cambiamenti climatici sembrano aver mutato la distribuzione spaziale dei pollini. Nuovi modelli di circolazione atmosferica sull'Europa potrebbero contribuire ad episodi di trasporto a lunga distanza di pollini allergenici, aumentando il rischio di nuove sensibilizzazioni tra la popolazione allergica (Cecchi et al., 2006). Vi è un'evidenza crescente che il cambiamento climatico potrebbe anche facilitare l'espansione geografica di specie di piante particolari verso nuove aree che diventano adatte da un punto di vista climatico (si veda il capitolo 3.2.3.) La Tabella 3 sintetizza i possibili effetti sulle più importanti piante allergeniche in Italia. I dati attuali suggeriscono un aumento della quantità di polline e un inizio anticipato per tutte le specie. Variazioni nelle piante allergeniche possono avere conseguenze sulle malattie allergiche.

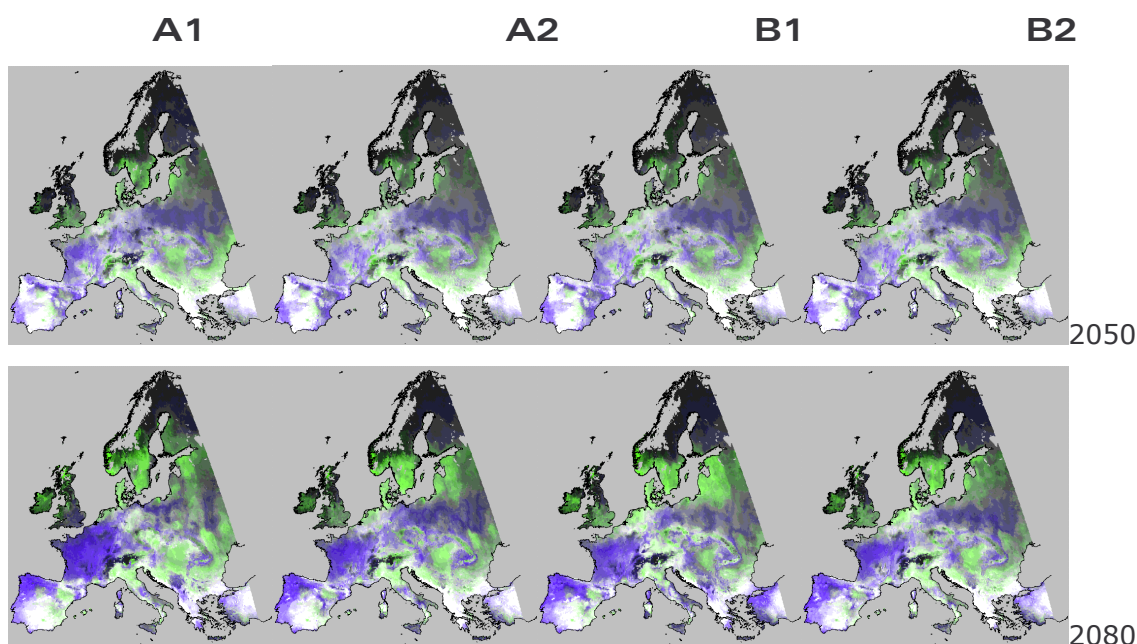
**Tabella 3: Effetto del surriscaldamento sulle piante allergeniche**

Polline	Concentrazione	Inizio anticipato
Betulla	↑	si
Erba	↔	si
Parietaria	↑	si
Ambrosia	↑	si

### 3.2.2 Specie animali

Il cambiamento climatico colpisce non solo le piante ma anche gli animali e, in particolare, le specie che vivono in acqua. In generale, la ricchezza di specie nelle acque interne è più elevata nell'Europa Centrale e diminuisce verso sud e verso nord a causa delle siccità periodiche e della salinizzazione (Declerck, 2005). In futuro, temperature più elevate potranno condurre ad un'ulteriore diminuzione della ricchezza di specie negli ecosistemi d'acqua dolce nelle zone dell'Europa sudoccidentale (Gutiérrez Teira, 2003). Specie invasive possono aumentare nel nord (McKee et al., 2002). Piante e arbusti di bosco possono invadere paludi e acquitrini (Weltzin et al., 2003). La riduzione di periodi di inondazione nel sud possono favorire le specie anfibe rispetto a quelle acquatiche (Álvarez Cobelas, Catalán & García de Jalón, 2005). Specie adattate al freddo saranno forzate ulteriormente verso nord e controcorrente; alcune possono eventualmente scomparire dall'Europa (Daufresne et al., 2003, Eisenreich, 2005). La Figura 20 mostra il variazione congiunta nella ricchezza di specie di anfibi e rettili, secondo il cambiamento climatico. E' raffigurata la variazione nella ricchezza di specie del periodo base e di quelle future, previste per i 2 periodi temporali (2050 e 2080), utilizzando le reti neurali artificiali, i quattro scenari SRES (A1, A2, B1, B2) (indicati da sinistra verso destra), e basandosi su scenari climatici derivanti dal modello climatico globale HadCm3. Intensità crescenti di blu indicano l'aumento della ricchezza di specie nel periodo base (ad es. modelli estesi di contrazione) ed intensità crescenti di verde rappresentano l'incremento della ricchezza di specie nel futuro (ad es. modelli estesi di espansione dell'incremento). I nuclei neri, bianchi e grigi indicano aree con ricchezza di specie stabile: i nuclei neri della griglia indicano una limitata ricchezza di specie in entrambi i periodi; i nuclei bianchi indicano una grande ricchezza di specie; i nuclei grigi mostrano una ricchezza di specie intermedia (Araújo, Thuiller & Pearson, 2006).

**Figura 20: Variazione della ricchezza di specie secondo il cambiamento climatico**



Fonte: (Araújo, Thuiller & Pearson, 2006).

### **3.2.3 Aree montane e nivo-glaciali**

I ghiacciai sperimenteranno un sostanziale ulteriore ritiro durante il 21 secolo (Haeberli & Burn, 2002). I piccoli ghiacciai scompariranno, mentre i ghiacciai più ampi soffriranno una riduzione del volume tra il 30% ed il 70% entro il 2050 (Paul et al., 2004, Schneeberger et al., 2003). Durante il ritiro dei ghiacciai, diminuirà il deflusso primaverile ed estivo (Hagg & Braun, 2004). Le temperature in aumento e il permafrost in scioglimento destabilizzeranno le pareti montane e aumenteranno la frequenza di caduta delle rocce, minacciando le valli montane (Gruber, Hoelzle & Haeberli, 2004). Modifiche nello snowpack e nell'estensione dei ghiacciai possono anche alterare la probabilità di valanghe di neve e di ghiaccio, che dipendono dalla complessa interazione di geometria della superficie, precipitazioni e temperatura (Haeberli & Burn, 2002, Martin, E et al., 2001). Anche le Glacier Lake Outbreak Floods (Inondazioni violente da lago glaciale) (GLOFS) costituiscono un rischio nella Regione Alpina (Chiarle, M et al., 2007).

E' virtualmente certo che la flora montana europea subirà i maggiori mutamenti a causa del cambiamento climatico (Theurillat & Guisan, 2001, Walter et al., 2004). Modificazioni nella distribuzione della copertura nevosa e nella durata della stagione della crescita dovrebbero avere effetti molto più pronunciati rispetto agli effetti sul

metabolismo (Grace, Berninger & Nagy, 2002, Körner, 2003). Vi è una tendenza generale, come menzionato in precedenza, verso l'aumento della stagione di crescita, la fenologia anticipata e gli spostamenti delle distribuzioni di specie verso altitudini più alte (Egli et al., 2004, Körner, 2003, Kullman, 2002, Sandvik et al., 2004, Walther, 2004). Spostamenti analoghi in termini di altitudine sono documentati anche per specie animali (Hughes, 2000). Si prevede che il limite della vegetazione arborea si sposti verso l'alto di diverse centinaia di metri (Badeck et al., 2001). Ci sono evidenze che mostrano che questo processo sia già iniziato nel Mediterraneo (Camarero & Gutiérrez, 2004, Peñuelas, J. & Boada, 2003). Tali cambiamenti, unitamente all'effetto dell'abbandono dei pascoli alpini tradizionali, limiterà la zona alpina alle altitudini più elevate (Dirnböck, Dullinger & Grabherr, 2003, Grace, Berninger & Nagy, 2002, Guisan & Theurillat, 2001), minacciando fortemente la flora nivale (Gottfried et al., 2002). La composizione e la struttura delle comunità alpine e nivali cambierà (Guisan & Theurillat, 2000, Walther, 2004). Sono previste perdite delle specie di piante locali fino al 62% per le montagne del Mediterraneo e del Portogallo entro il 2080, secondo lo scenario A1 (Thuiller et al., 2005). Impatti analoghi, estremi, sono attesi per l'habitat e per la diversità degli animali, collocando gli ecosistemi montani tra i più minacciati in Europa.

#### **3.2.4 Sistemi forestali**

In Italia, la foresta è molto importante per il paesaggio, la biodiversità, l'equilibrio dell'ambiente e per l'economia. Occupa circa 10 milioni di ettari (il 30% della superficie nazionale). È stato osservato un deterioramento delle querce, principalmente associato a stress idrico ventennale. Va considerato che le querce costituiscono il 26,5% delle foreste nazionali (Clini, 2003). Inoltre, anche in Italia, ogni anno, milioni di ettari sono distrutti e danneggiati dagli incendi boschivi. Negli ultimi 20 anni, sono stati bruciati 1.100.000 ettari di foreste in Italia. Ogni anno si verifica una media di 11.000 incendi, con distruzione di più di 50.000 ettari di bosco. Gli incendi possono essere il risultato di complesse interazioni tra la biomassa forestale, la topografia, le ignizioni, l'utilizzo incontrollato del territorio (aumento dell'espansione agricola, carente gestione dell'ambiente compresa anche la mancanza di un adeguato controllo antincendio, eccessivo taglio del legname e sovrallavamento) e le condizioni meteorologiche (Mickler, Earnhardt & Moore, 2002). In molte aree del mondo, gli incendi costituiscono un problema stagionale, aggravato nei periodi siccitosi (Quah & Johnston, 2001). Le conseguenze per l'equilibrio naturale sono importanti e il tempo di recupero lungo. Oggi, quale risultato di una grande campagna di sensibilizzazione e grazie al miglioramento dell'organizzazione del sistema di prevenzione incendi regionale e nazionale, il

rischio, ancorché rimanga alto, è diminuito. La superficie bruciata è diminuita da 190.640 nel 1985 a 76.427 nel 2001. Metà del totale di circa 10.000 incendi, ogni anno, si verifica tra luglio e agosto. Durante l'anno caldo del 2003, sono stati registrati un totale di 9.697 incendi riguardanti più di 91.000 ettari di territorio. La superficie coinvolta solo negli incendi estivi (da giugno ad agosto) è oltre 70.000 ettari. Nel 2003 come numero d'incendi le regioni più colpite sono state Calabria e Campania mentre, come estensione di area interessate, le superfici più ampie colpite dagli incendi sono avvenute in Sicilia e Sardegna<sup>7</sup>.

Gli incendi hanno, peraltro, impatti sulla salute umana: le morti costituiscono soltanto la punta dell'iceberg: gli incendi causano anche ustioni e intossicazioni. I grandi incendi sono accompagnati anche da un aumento del numero di pazienti che fa ricorso a servizi di pronto soccorso, compreso il personale sanitario colpito dal fumo e dalla cenere nei sistemi di ventilazione degli ospedali (Hoyt & Gerhart, 2004). Inoltre, nell'atmosfera sono rilasciati inquinanti atmosferici tossici e particolato che contribuiscono, in modo significativo, alle patologie acute e croniche del sistema respiratorio, specialmente, nei bambini, con un aumento dei casi di polmonite, malattie delle alte vie respiratorie, asma e malattie polmonari croniche ostruttive (WHO (OMS), 2002). In ogni caso, per l'Italia, non sono disponibili valutazioni sugli effetti degli incendi sulla salute.

### **3.2.5 Agricoltura**

Sia i cambiamenti climatici gradualmente, sia gli eventi estremi, hanno impatti sull'agricoltura. In questa sede sono evidenziati gli impatti previsti nell'Europa meridionale. Il cambiamento climatico modificherà i processi sul territorio agricolo, come una diminuzione nella lisciviazione dei nitrati (Olesen, J.E. et al., 2006). Ci si attendono diminuzioni legate al clima nella resa dei raccolti nel Mediterraneo e nei Balcani sudoccidentali (Maracchi, Sirotenko & Bindi, 2005, Olesen, J.E. & M. Bindi, 2002). Nell'Europa meridionale sono attese ampie diminuzioni nei raccolti per le colture seminate in primavera (ad es. mais, girasole e soia) (Audsley et al., 2006) nonché per colture seminate in autunno (ad es. grano invernale e primaverile) (Olesen, J.E. et al., 2006, Santos, K. Forbes & Moita, 2002). In condizioni di clima temperato i principali rischi meteorologici, causa di perdite per i raccolti agricoli e i sistemi relativi all'orticoltura, sono costituiti dalle gelate, dal calore o da periodi di siccità prolungate. Ci si attende che l'aumento previsto degli eventi estremi (ad es.

---

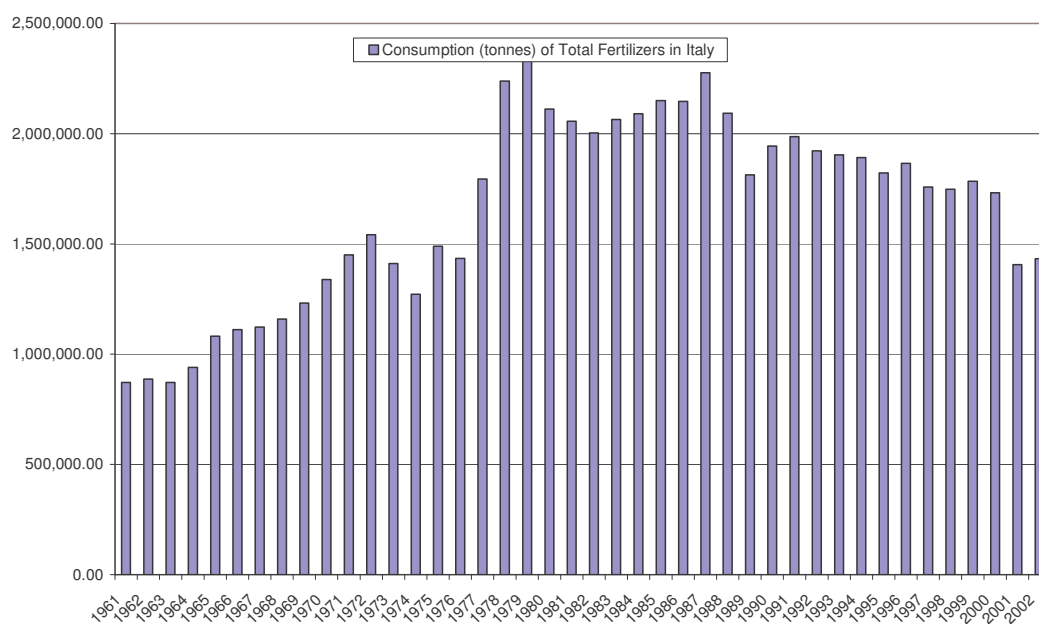
<sup>7</sup> Vi è un'informazione dettagliata sugli incendi boschivi in Italia disponibile dall'APAT e anche sotto <http://www2.corpoforestaledellostato.it/portal/page/categoryItem?contentId=17198>.

ondate di temperature elevate e siccità) (Meehl & Tebaldi, 2004, Schar & Jendritzky, 2004) incrementi la variabilità del raccolto (Jones, P. D. et al., 2003) e ne riduca la resa media (Trnka et al., 2004). In modo particolare, è probabile che, nella regione europea del Mediterraneo, aumenti della frequenza di eventi estremi durante gli stadi di sviluppo di specifiche colture (ad es. stress da calore durante il periodo della fioritura, giorni piovosi durante le date di semina), unitamente ad una più elevata intensità delle precipitazioni e periodi di aridità più lunghi, riducano la resa del raccolto estivo (ad es. girasole).

In aggiunta all'effetto del cambiamento climatico sull'agricoltura e sui suoli, i cambiamenti climatici potrebbero interagire con l'uso di pesticidi e fertilizzanti nell'ambiente. Essi potrebbero modificare la distribuzione geografica degli insetti infestanti e potrebbero emergere nuovi insetti infestanti delle piante, che richiedono un' aumento dei pesticidi attualmente adottati (vedi Fig.21) o di nuovi pesticidi. Inoltre, la crescita dei livelli di ozono può condurre ad un aumento della resistenza al pesticida, conducendo ad un aumento nella quantità di pesticida utilizzato, con una serie di effetti negativi; d'altra parte, la temperatura più elevata può favorire la degradazione dei pesticidi. In aggiunta, l'alterato pattern della piovosità e l'incremento dell'aridità del suolo potrebbero condurre ad un alterato trasporto e persistenza dei pesticidi. La portata ed il modello di questi cambiamenti, in Italia, necessita di maggiore studio, in vista di un potenziale impatto di questa classe di contaminanti sulla salute umana.

**Figura 21: Trend nell'uso di fertilizzanti in Italia**

Consumption (tonnes) of Total Fertilizers in Italy



FONTE: FAOSTAT © FAO Statistics Division 2006, | 30 October 2006



### 3.3 Ambiente urbano e settori socio-economici

- Il cambiamento climatico potrebbe indurre modifiche nelle concentrazioni dell'inquinamento atmosferico, in particolare un aumento dell'ozono troposferico.
- E' probabile che il cambiamento climatico abbia impatti sul turismo: le tradizionali località balneari possono diventare troppo calde in estate, e poca neve in località montane può colpire fortemente i *resort* per sport invernali.
- La domanda energetica potrebbe diminuire in inverno (riscaldamento) ma aumenterà ed avrà un picco nelle estati calde (condizionamento)

#### 3.3.1 Ambiente urbano e qualità dell'aria

Gli impatti del cambiamento climatico nelle aree urbane riguardano, principalmente, due fattori essenziali di esposizione della salute umana: prima di tutto, il clima urbano. Tutti noi abbiamo notato che, soprattutto di notte, le temperature sono più elevate nelle aree urbane rispetto alle zone più rurali. Ciò è causato da molti fattori (p.e. velocità del vento più bassa, radiazione, riflessione, massa di cemento, equilibrio idrico) ed è chiamato "effetto isola di calore urbano" (Gross, 1996, Jendritzky et al., 1993, Oke, 1997, Wagner, 1994). Lo sviluppo dell'urbanizzazione e i cambiamenti nell'uso del territorio ad esso collegati provocano variazioni, in modo significativo, del clima locale e regionale, tuttavia anche il

cambiamento climatico potrebbe inasprire l'effetto isola di calore urbano. Nel capitolo 4.1 vengono spiegati gli impatti che le temperature più elevate hanno sulla salute. Taluni modelli meteorologici aumentano lo sviluppo dell'isola di calore urbano, la cui intensità può essere importante per reazioni secondarie all'interno dell'atmosfera urbana, conducendo a livelli elevati di alcuni inquinanti atmosferici (Jonsson et al., 2004, Junk, Helbig & Luers, 2003, Morris & Simmonds, 2000).

Il secondo importante impatto da cambiamento climatico nelle aree urbane riguarda l'inquinamento atmosferico. Le fonti di inquinanti atmosferici comprendono il traffico veicolare, la combustione di biomasse, urbano-industriali e naturali (Jaffe et al., 2004, Jaffe et al., 2003, Koe, Arellano & McGregor, 2001, Moore et al., 2003, Murano et al., 2000). In talune situazioni di circolazione atmosferica, il trasporto di lungo raggio o transfrontaliero di inquinanti, compresi, aerosol, monossido di carbonio, ozono, polvere del deserto, spore di muffa e pesticidi possono verificarsi attraverso ampie distanze e in un periodo di tempo da quattro-asei giorni

(Ansmann et al., 2003, Buchanan, Beverland & Heal, 2002, Chan et al., 2002, Gangoiti et al., 2001, He et al., 2003, Helmis et al., 2003, Kato et al., 2004, Liang et al., 2004, Martin, BD et al., 2002, Moore et al., 2003, Ryall et al., 2002, Shinn, Griffin & Seba, 2003, Stohl et al., 2001, Tu et al., 2004, Unsworth et al., 2003). Le concentrazioni di inquinamento atmosferico sono il risultato dell'interazione tra condizioni meteorologiche locali, caratteristiche della circolazione atmosferica, vento, topografia, esigenze della popolazione in risposta ai cambiamenti meteorologici (ad es., l'inizio di ondate di freddo o di caldo possono aumentare le esigenze di riscaldamento o di condizionamento, e quindi la domanda di energia), e altri fattori (Hartley & Robinson, 2000). Pertanto, le condizioni e le emissioni locali sono più importanti e più specifiche rispetto alle concentrazioni globali di inquinanti nel determinare le esposizioni per le persone. Talune località, per il loro clima generale e l'ambiente topografico, sono predisposte ad una ridotta qualità atmosferica perché il clima è predisposto a reazioni chimiche che portano alla trasformazione delle emissioni e i limiti topografici riducono la dispersione degli inquinanti (Kossmann & Sturman, 2004, Rappengluck et al., 2000). Lo stato dell'atmosfera, sia in scala sinottica (larga) sia in mesoscala, determina il trasporto e la diffusione di inquinanti, con il passaggio di fronti, sistemi ciclonici e anticiclonici e le loro associate masse d'aria di particolare rilevanza. Il cambiamento climatico quindi investe anche l'inquinamento atmosferico.

Taluni inquinanti atmosferici dimostrano chiari cicli stagionali (Eiguren-Fernandez et al., 2004, Hazenkamp-von Arx et al., 2004, Nagendra & Khare, 2003). La qualità dell'aria è influenzata dalle variazioni nelle proprietà fisiche e dinamiche dell'atmosfera sui periodi di tempo dalle ore ai giorni. La superficie tridimensionale del vento, la turbolenza ad esso collegata e la temperatura verticale sono importanti per la dispersione, diffusione e deposizione degli inquinanti (McGregor, 1999, Pal Arya, 2000). Anche le condizioni meteorologiche influenzano i processi chimici e fisici coinvolti nella formazione di inquinanti secondari quali l'ozono (Nilsson et al., 2001a; 2001b). Talune situazioni del tempo meteorologico forniscono le condizioni necessarie per episodi di inquinamento. Spesso episodi di inquinamento dell'aria sono associati ad un sistema anticiclonico o di alta pressione stazionario o lentamente migrante che riduce la diffusione e dispersione dell'inquinamento (Rao et al., 2003, Schichtel & Husar, 2001). Altre concentrazioni elevate di inquinamento atmosferico aumentano in diverse condizioni meteorologiche; per esempio, un flusso di aria lungo i fianchi dei sistemi anticiclonici, situati verso est o ovest di una località, può trasportare i precursori dell'ozono quindi creare le condizioni per un episodio di inquinamento da ozono

(Lennartson & Schwartz, 1999, Scott & Diab, 2000, Tanner & Law, 2002, Yarnal et al., 2001).

I livelli di background degli inquinanti, su scala globale, ridurranno la futura qualità dell'aria, in modo particolare a livello locale e regionale. Per esempio, i livelli di riferimento dell'ozono sono aumentati dai tempi preindustriali a causa dell'incremento delle emissioni di metano, monossido di carbonio e ossidi di azoto e ci si attende che questa tendenza continui per i prossimi 50 anni (Prather et al., 2003). Poiché molte delle principali città propongono di ridurre le emissioni di inquinanti dei veicoli, ci si attende che i livelli urbani di ozono si avvicineranno a quelli rurali (Cifuentes et al., 2001); Metcalfe et al., 2002]. Per esempio, è stato stimato che, per gli Stati Uniti, una riduzione del 50 per cento delle emissioni di metano diminuirebbe della metà l'incidenza degli episodi di elevato inquinamento da ozono (Fiore et al., 2002).

I trends attesi dei livelli di ozono sono stati supportati da studi su modelli progettati allo scopo di stimare l'influenza dell'aumento previsto delle emissioni di metano, monossido di carbonio e ossidi di nitrogeno sulla distribuzione globale di ozono nel 2100 (Anderson, Derwent & Stedman, 2001, Derwent et al., 2001, Johnson et al., 2001, Stevenson et al., 2000). In ogni caso, un caveat essenziale di tali studi è costituito dall'incertezza delle emissioni future (Syri et al., 2002, Webster et al., 2002). Se il 1990 è considerato un periodo di riferimento, concentrazioni moderatamente alte di ozono di 60ppb sono state rodate limitatamente all'Europa centrale, alla Cina, al Brasile, al Sudafrica e all'America nord-orientale durante il periodo estivo. Entro il 2030, secondo lo scenario SRES A2, è stato previsto che l'area con livello di riferimento di 60ppb si espanda in modo significativo, in modo particolare in Europa e Nordamerica. Entro il 2060, è stato previsto che la maggior parte delle aree continentali popolate sperimenteranno concentrazioni di ozono di almeno 60ppb. Entro il 2100, è stato altresì previsto che gran parte dell'emisfero settentrionale abbia livelli di ozono di 60 ppb, come gran parte delle aree popolate dell'emisfero meridionale (Anderson, Derwent & Stedman, 2001).

Presumendo che non vi siano cambiamenti nei livelli di emissioni del precursore dell'ozono, si prevede che l'impatto dei cambiamenti nei livelli di base dell'ozono, sulla frequenza degli "episodi di ozono", dipenderà dal futuro verificarsi delle condizioni meteorologiche necessarie (Jones, J. M. & Davies, 2000, Laurila et al., 2004). Ove si prevede che il cambiamento climatico si risolva in un aumento della frequenza di condizioni anticicloniche stabili, con modesta ventilazione degli strati immediatamente sopra alla superficie terrestre ed alte temperature associate,

condizioni di tempo sereno e ampie immissioni di radiazione solare, ci si può aspettare che si verificherà, verosimilmente, un'eccedenza degli attuali standard di qualità dell'aria (Hogrefe et al., 2004, Mickley et al., 2004). Taha (2001) ha stimato aumenti nelle concentrazioni dell'ozono in due grandi città in California, basati sui risultati di modelli che legano l'elaborazione derivante da due GCM (modelli di circolazione globale) agli inventari delle emissioni ed ai modelli di inquinamento atmosferico utilizzati per valutare la conformità della qualità dell'aria in queste zone. Assumendo delle emissioni controllate per gli anni futuri, i modelli hanno suggerito aumenti significativi nelle concentrazioni di ozono nel bacino di Los Angeles (fino a 26 ppb, un aumento di circa il 24%) e nella Sacramento Valley (fino a 12 ppb, un aumento di circa il 10%). Aumenti nelle concentrazioni dei picchi di ozono sono state più modeste.

Rispetto all'ozono, le valutazioni dell'impatto del cambiamento climatico su altri inquinanti atmosferici sono in numero esiguo. In ogni caso, queste enfatizzano il ruolo delle strategie locali di abbattimento nel determinare i livelli futuri di inquinanti, quali materiale particolato e il biossido di zolfo (Guttikunda et al., 2003, Jensen et al., 2001, Slanina & Zhang, 2004) e l'esigenza di fare previsioni delle probabilità di eccedenza invece che delle concentrazioni assolute (Hicks, 2003). Inoltre, è probabile che il trasporto degli inquinantitransfrontaliero giocherà un ruolo significativo nel determinare la qualità dell'aria locale e regionale e, quindi, gli sforzi di ridurre il verificarsi di esposizioni critiche a inquinanti dannosi per la salute. (Langmann, Bauer & Bey, 2003, Takemura et al., 2001). Di conseguenza, è probabile che i cambiamenti nei modelli della circolazione atmosferica, dal livello emisferico fino a quello globale, siano ugualmente importanti quanto i modelli regionali per la futura qualità dell'aria locale

### **3.3.2 Turismo**

E' probabile che i cambiamenti climatici abbiano impatti sostanziali sul turismo, in modo particolare con riferimento alla scelta della destinazione per le attività stagionali. A titolo esemplificativo, i tradizionali resort da spiaggia possono diventare troppo caldi per le vacanze estive con una frequenza molto più elevata di forte stress climatico sui turisti. D'altra parte, precipitazioni nevose insufficienti sulle località montane possono colpire fortemente le località turistiche per sport invernali.

Gli scenari climatologici sono stati utilizzati ultimamente in uno studio italiano (Morabito et al., 2004), allo scopo di valutare le future variazioni stagionali del disagio biometereologico estremo (causato da condizioni di caldo e di freddo) in tre località turistiche dell'Italia centrale: Firenze, un'importante città per il turismo relativo alla cultura e all'architettura; Grosseto, una città coinvolta nel turismo estivo e legata ad attività ambientali quali l'agro-turismo, durante tutte le stagioni; Monte Cimone, una località importante per gli sport invernali e le vacanze estive in montagna. I principali risultati sono stati una riduzione del disagio estremo causato dalle condizioni di freddo con condizioni termiche invernali favorevoli per l'attività turistica. D'altra parte, l'estate mostrerà più frequentemente condizioni di disagio estremo, in modo particolare in ambienti urbani, con un forte impatto sulle attività turistiche estive. Questi risultati confermano quelli evidenziati da un altro studio (Gawith, Downing & Karacostas, 1999), condotto a Salonicco, nella Grecia settentrionale, che ha dimostrato come l'indice temperatura-umidità salirà, entro il 2050, al di sopra del valore tollerabile per tutti. Tutte queste condizioni risultano molto pericolose per la salute dei turisti, che tendono ad essere più vulnerabili rispetto alla popolazione locale, poiché non sono abituati al clima del luogo che stanno visitando (de Freitas, 2003). Se l'estate diviene più calda e/o più secca, i turisti potrebbero soffrire gravi disagi e rischi per la salute legati al caldo, come evidenziato nel capitolo 4.1.

I picchi di attività turistica in estate, coincidenti con il momento in cui la disponibilità di acqua naturale è ai livelli più bassi, crea pressioni significative sulle risorse idriche naturali esistenti (Karavitis & Kerkides, 2002), il che conduce ad un crescente deficit idrico stagionale. L'impatto del cambiamento globale sulla quantità e qualità idrica è osservato prevalentemente sui laghi e nelle piccole isole. I ricercatori ungheresi (Rátz, 2004) hanno mostrato gli effetti sul turismo causati dalla continua diminuzione della quantità di acqua durante gli ultimi anni, in due importanti laghi europei (lago Balaton e lago Tisza). La bassa quantità di acqua consente alle alghe di crescere più velocemente, principalmente per la maggiore luce e la temperatura più alta, conducendo ad un depauperamento della qualità dell'acqua.

Nelle piccole isole del bacino del Mediterraneo, le acque sotterranee sono, nella maggior parte dei casi, adeguate a coprire la domanda locale, ma questa costituisce solamente una piccola parte del picco della domanda estiva. La tempistica della piovosità del Mediterraneo non coincide, di solito, con il momento della maggiore domanda di acqua. In tal senso, il turismo contribuirà al degrado e alla distruzione degli ecosistemi dell'acqua. La disponibilità nella fornitura idrica potrebbe diventare

un vincolo essenziale e la quantità e qualità dell'acqua disponibile può essere insufficiente a soddisfare le future domande dei turisti.

Alcuni studi mostrano che la siccità dei primi anni '90 aveva reso le isole del Mediterraneo dipendenti dall'acqua trasportata dalla terraferma con tensioni politiche a ciò correlate (Wheeler, 1995). Le piccole isole del Mediterraneo potrebbero essere particolarmente colpite se si consente la continua crescita del turismo. Molti autori (Nicholls, R.J., Hoozemans & Marchand, 1999) hanno mostrato che nell'area del Mediterraneo vi sono circa 160 isole che superano i 10 km<sup>2</sup> in dimensioni. La maggior parte presenta modeste risorse idriche ma un significativo sviluppo turistico. Come risultato del cambiamento climatico, nei prossimi anni, è previsto un calo della piovosità (in modo particolare nell'Italia meridionale) e della disponibilità della fornitura idrica unitamente all'erosione delle spiagge, il che potrebbe minare il loro settore turistico e quindi le loro economie locali. Per tale ragione, in modo particolare nel vulnerabile sistema delle piccole isole, il maggiore sforzo dovrebbe essere teso ad un modello di fornitura idrica utile a delineare le opzioni politiche ambientali sostenibili. In ogni caso, in un cambiamento rapido di condizioni climatiche che potrebbero acuire il deficit di acqua, è necessario che le nuove ricerche adottino pratiche innovative e soluzioni sia sulla fornitura che sulla domanda del sistema idrico (Hofwagen van & Jaspers, 1999). In uno studio condotto per una piccola isola del Mediterraneo (Voivontas D. et al., 2003), i ricercatori hanno sviluppato un modello di ottimizzazione per l'identificazione delle fonti idriche a più basso costo in grado di coprire la domanda idrica anticipata in un orizzonte di pianificazione a lungo termine fino all'anno 2030. Tale modello è in grado di stimare la produzione idrica mensile nonché il costo della fornitura idrica. In molte piccole isole, diventeranno predominanti le opzioni di fornitura idrica tradizionale che includono trasferimenti dalla terraferma durante il periodo di picco della domanda, ancorché ciò rappresenti la soluzione di gran lunga più costosa per l'alto costo di trasporto.

Lo studio italiano (Morabito et al., 2004) ha anche indicato che i turisti in visita alle città della Toscana durante le stagioni di transizione quali la primavera e l'autunno, generalmente caratterizzate da clima mite, troveranno sempre più spesso condizioni di caldo estremo e inatteso. Diversi autori (Palutikof, Agnew & Hoar, 2004), in un recente studio preliminare, hanno già mostrato che le decisioni dei turisti sono influenzate dalle fluttuazioni meteorologiche, in modo particolare, con riferimento a brevi intervalli in primavera e autunno. Inoltre l'autunno, per il fatto che le località montane presenteranno un incremento dei giorni con precipitazioni,

sarà favorevole per turisti che praticano sport invernali. D'altra parte, la riduzione nelle precipitazioni primaverili anticiperà la stagione secca ed estiva.

Sono necessarie maggiori ricerche allo scopo di quantificare il benessere climatico dei turisti nello sviluppare indici climatici per il turismo ed indici di comfort delle spiagge, che possono essere calibrati per comprendere gli effetti del cambiamento climatico. Tali sondaggi saranno fondamentali per l'identificazione e la valutazione di informazioni ambientali finalizzate alla pianificazione degli affari e al processo decisionale nel settore ricreativo e turistico (de Freitas, 2003).

### **3.3.3 Consumo energetico**

Nella ricerca di fonti di energia alternativa, è importante considerare le implicazioni del cambiamento dei regimi delle temperature sulle esigenze di riscaldamento e condizionamento. Nel Mediterraneo, l'esigenza di riscaldare le case diminuirà per un periodo da due a tre settimane, ma entro il 2050 saranno necessarie da due, tre settimane (lungo la costa) fino a cinque settimane aggiuntive di condizionamento (nelle aree interne) (Giannakopoulos & Psiloglou, 2006). Cartalis et al. (Cartalis et al., 2001) hanno stimato una diminuzione fino al 10% delle richieste di energia per riscaldamento e un aumento fino al 28% delle richieste di condizionamento nel 2030 per la regione sudorientale del Mediterraneo. Le esigenze di condizionamento estivo influenzeranno, in modo particolare, la domanda di elettricità (Giannakopoulos & Psiloglou, 2006, Valor, Meneu & Caselles, 2001) con aumenti fino al 50% in Italia e Spagna entro gli anni 2080 (Livermore, 2005). E' molto probabile che i picchi nella domanda di elettricità, durante le ondate di calore estivo, uguagliano o superino i picchi della domanda durante i periodi di freddo invernale in Spagna (López-Zafra, Sánchez de Tembleque & Meneu, 2005). Contestualmente, le fonti chiave di energia rinnovabile in Europa, attualmente, sono l'energia idroelettrica (il 19,8% dell'elettricità generata) ed eolica. Lo spostamento verso altre fonti di energia rinnovabile è importate. Sarà disponibile più energia solare nella regione mediterranea (Santos, K. Forbes & Moita, 2002) e, nel febbraio 2007, è finalmente partita in Italia la promozione sull'utilizzo di energia solare (si veda [www.casarinnovabile.it](http://www.casarinnovabile.it)).

Con riferimento alle fonti di energia tradizionale, i cambiamenti climatici potrebbero avere un impatto negativo sull'efficienza degli impianti di produzione di energia termica, perché ci si attende che l'acqua prelevata per il raffreddamento degli impianti di energia sarà mediamente un po' più calda (Hahnson et al., 2006).

Inoltre, la disponibilità di acqua fredda può essere ridotta in alcune località d'Europa a causa dei deperimenti legati al clima (Arnell et al., 2005) o a spostamenti stagionali (Zierl, B. & Bugmann, 2005b) nel deflusso dei fiumi. Anche la distribuzione dell'energia è vulnerabile al cambiamento climatico (Thomas, 2002). Con l'incremento delle temperature medie si verifica un piccolo incremento nella resistenza delle linee (elettriche) (Santos, K. Forbes & Moita, 2002) sommato ad effetti negativi sulla curvatura dei cavi elettrici e sull'efficienza dei compressori delle condutture del gas, dovuti all'incremento delle temperature massime (Colombo, Etkin & Karney, 1999, López-Zafra, Sánchez de Tembleque & Meneu, 2005). Tutti questi effetti combinati si aggiungono alla generale incertezza degli impatti del cambiamento climatico sulle centrali elettriche.



## **4 Impatti e rischi potenziali per la salute in Italia da cambiamento e variabilità del clima**

### **4.1 EFFETTI DEL CALDO SULLA SALUTE**

di

**Paola Michelozzi, Francesca de'Donato, Manuela De Sario,  
Ursula Kirchmayer,  
Carlo A. Perucci**

### **4.2 EFFETTI DEL FREDDO SULLA SALUTE**

di

**Paola Michelozzi, Francesca de'Donato, Manuela De Sario,  
Ursula Kirchmayer, Carlo A. Perucci**

### **4.3 INONDAZIONI E SALUTE**

di

**Enzo Funari, Monica Blasi, Mario Carere, Valentina della Bella,  
Laura Mancini, Stefania Marcheggiani,  
Francesco Mattera, Mara Stefanelli**

### **4.4 QUALITÀ DELL'ARIA E SALUTE**

di

**Francesco Forastiere**

### **4.5 LE MALATIE DA VETTORE**

di

**Giancarlo Majori, Roberto Romi**

### **4.6 SICUREZZA ALIMENTARE**

di

**Marina Miraglia, Luciana Croci**

### **4.7 QUALITÀ DELLE ACQUE E SALUTE**

di

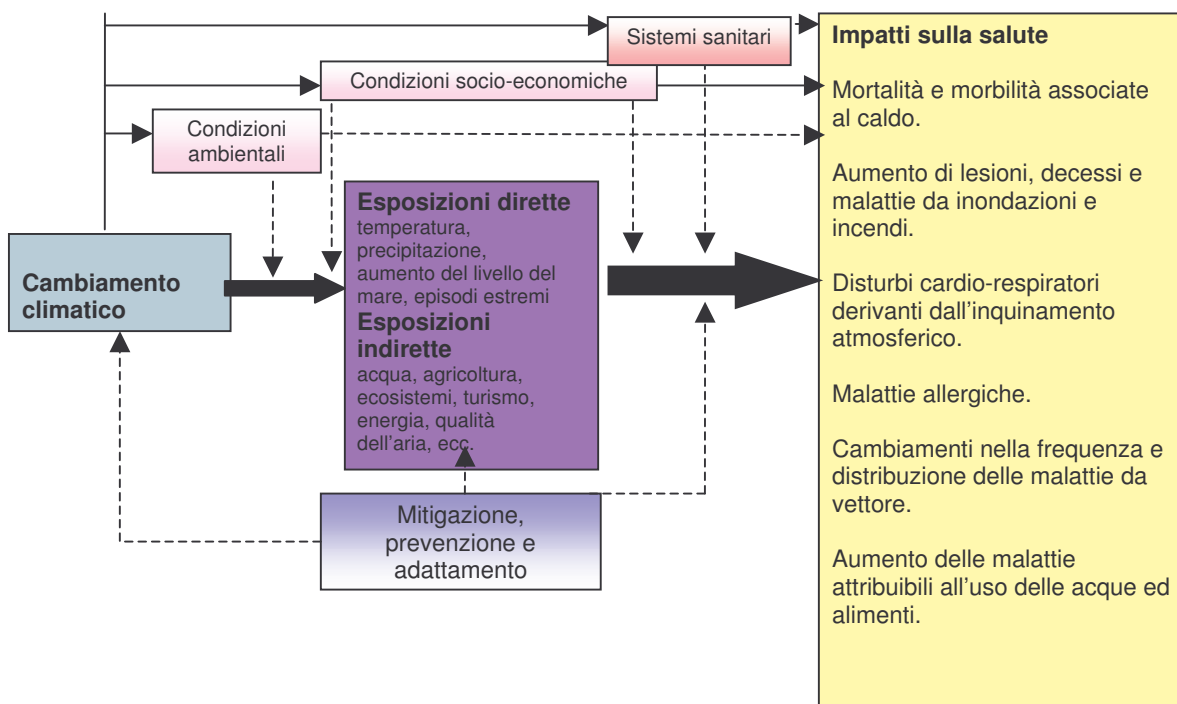
**Enzo Funari, Monica Francesca Blasi, Mario Carere,  
Valentina Della Bella,  
Laura Mancini, Stefania Marcheggiani,  
Francesco Mattera, Mara Stefanelli**

## 4 Impatti e rischi potenziali per la salute in Italia da cambiamento e variabilità del clima

Come evidenziato nei capitoli precedenti, l'Italia potrebbe affrontare diversi cambiamenti del sistema climatico nonché mutamenti delle attività di settore ed economiche, i quali potrebbero presentare ulteriori rischi per la salute umana, o aumentare gli attuali rischi sanitari. Dai capitoli precedenti, si può concludere che la salute della popolazione potrebbe essere maggiormente esposta a:

- generale riscaldamento del Mediterraneo, dei laghi e delle masse d'aria;
- diminuzione della precipitazione media, ma aumento della frequenza di precipitazioni estreme (aumento del rischio di inondazioni).
- aumento della frequenza di giorni caldi e tropicali;
- diminuzione della frequenza del numero di giorni freddi/gelidi;
- aumento del livello del mare (rischio di inondazioni del mare e salinizzazione);
- cali della fornitura idrica con costi associati più elevati e modifiche nelle pratiche di approvvigionamento dell'acqua
- aumento del rischio di crescite di alghe e cianobatteri nei laghi e nel mare, in particolare nella tarda estate;
- incremento del rischio di insetti infestanti delle piante e modifiche associate nelle pratiche agricole;
- allungamento ed anticipazione della stagione di fioritura di piante con potenziale arrivo anticipato di alcune specie allergeniche nonché cambiamento nella ricchezza dei tipi di polline;
- modifiche delle concentrazioni di inquinamento atmosferico e della qualità dell'aria;
- persistenza prolungata delle sostanze che assottigliano l'ozono, con un ritardo nella riparazione del buco dell'ozono e quindi aumento della radiazione solare che raggiunge la superficie terrestre (sebbene gli effetti dipendano da molti fattori)

**Figura 22: Impatti e rischi per la salute da cambiamenti climatici ed eventi estremi (B.Menne adattato da Confalonieri et al, 2007)**



La Figura 22 mostra gli impatti osservati e potenziali del cambiamento climatico sulla salute. Il clima e le condizioni meteorologiche costituiscono elementi importanti dell'ambiente ove gli uomini continuamente si adattano e si acclimatano per mantenere condizioni sane.

La letteratura non fornisce valutazioni sugli impatti osservati e potenziali della variabilità e del cambiamento del clima in Italia. La maggior parte degli studi sono disponibili sulle ondate di calore, sull'inquinamento atmosferico e salute. Per altri esiti sulla salute legati al clima, possono essere solamente descritte le tendenze generali e le ipotesi sviluppate; ove possibile, gli scenari globali sono applicati all'Italia.

## 4.1 Effetti del caldo sulla salute

L'associazione tra la temperatura e mortalità è tipicamente descritta da una funzione non lineare a forma di "J" o di "V", con tassi di mortalità più bassi

- Nelle città mediterranee è stimato un incremento medio del 3% nella mortalità giornaliera per incrementi di 1°C della temperatura apparente massima.
- L'impatto sulla mortalità cresce con l'età.
- In Italia, le ondate di calore causano in media un incremento del 20%-30% della mortalità giornaliera nella fascia di età superiore ai 75 anni.
- Gli interventi di prevenzione mirati alla popolazione ad alto rischio possono ridurre gli effetti di breve termine.
- E' essenziale adottare misure di prevenzione di lungo termine, come un miglioramento dell'efficienza energetica nelle abitazioni.

registrati a temperature moderate, ed incrementi progressivi, quando le temperature aumentano e diminuiscono (Kunst et al. 1993, Ballester et al. 1997, Huynen et al. 2001, Curriero et al. 2002). Diversi studi hanno fornito prove della eterogeneità geografica e temporale della relazione temperatura-mortalità.

Variazioni geografiche della curva temperatura-mortalità sono state documentate in studi provenienti sia dagli Stati Uniti che dai paesi Europei. Due studi multicentrici condotti in città degli Stati Uniti (Braga et al. 2001, Curriero et al. 2002) hanno evidenziato che, a basse latitudini, le popolazioni sono più adattate alle alte temperature. Tra i paesi europei, la mortalità minima varia da una temperatura media di 16,5°C nei Paesi Bassi (Kunst et

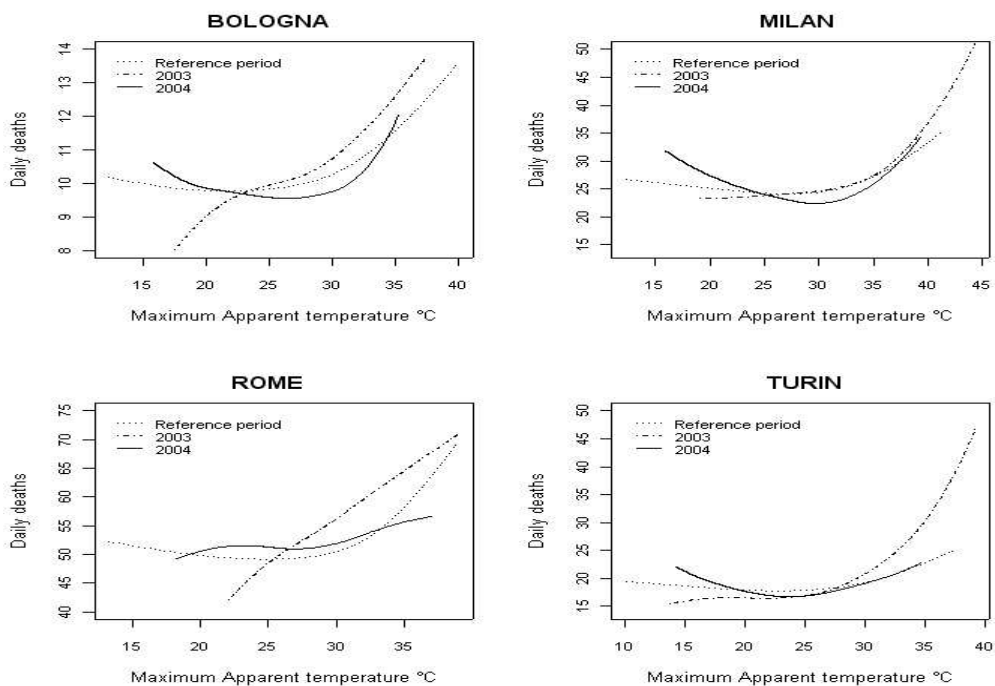
al. 1993, Huynen et al. 2001), di 21,5°C a Londra, Gran Bretagna (Hajat et al. 2002) e di 24°C a Roma (Michelozzi et al. 2000a) e a Valencia (Ballester et al. 1997).

Un progetto finanziato dall'UE, recentemente concluso, "Valutazione e prevenzione degli effetti acuti sulla salute delle condizioni meteorologiche in Europa" (PHEWE), che ha coinvolto 16 città europee (Atene, Barcellona, Budapest, Dublino, Helsinki, Cracovia, Lubiana, Londra, Milano, Parigi, Praga, Roma, Stoccolma, Torino, Valencia e Zurigo) attraverso un'analisi di serie temporali ha esaminato gli effetti acuti sulla salute delle condizioni meteorologiche sia durante la stagione calda che durante quella fredda fornendo ulteriori documentazioni sulla relazione tra temperatura e mortalità e sull'eterogeneità geografica dell'effetto. Lo studio ha analizzato l'associazione tra temperatura apparente massima (una combinazione di temperatura massima ed umidità relativa) e mortalità totale e per cause respiratorie e cardiovascolari in diverse fasce di età.

I valori soglia di temperatura massima ai quali la mortalità aumenta mostrano una larga eterogeneità, in modo particolare tra le città dell'area Mediterranea. Tra le città italiane i valori soglia stimati sono 31.8 a Milano, 30.3 °C a Roma e 27°C a Torino. Lo studio ha evidenziato inoltre che l'effetto di incrementi di temperatura è maggiore durante la prima parte del periodo estivo. Un effetto "harvesting" sulla mortalità giornaliera fino a 30 giorni è stato evidenziato nelle città dell'area Mediterranea (Biggeri et al. 2006). Tale fenomeno di "anticipazione" dei decessi in sottogruppi di popolazione a maggior rischio è stato documentato anche in altri studi (Braga et al. 2001, Huynen et al. 2001, Hajat et al. 2002, Kysely 2004, Biggeri et al. 2006).

In Italia, uno studio recente condotto in quattro città italiane Bologna, Milano, Roma e Torino, ha analizzato la relazione tra temperatura apparente massima la mortalità durante i mesi estivi (giugno-settembre) nel 2003, 2004 ed in un periodo di riferimento in anni precedenti (Michelozzi et al. 2006a). I risultati di questo studio documentano l'effetto drammatico sulla mortalità osservato nelle quattro città durante l'ondata di calore dell'estate 2003. La Figura 23 mostra nel 2003, rispetto agli altri anni, una modifica della relazione temperatura-mortalità con un andamento più ripido a forma di "J" a Milano e Torino ed una relazione lineare a Bologna e a Roma. Nell'estate 2004, la relazione temperatura-mortalità si modifica, appare meno ripida e simile a quella del periodo di riferimento.

**Figura 23: Relazione mortalità-temperatura in quattro città italiane**

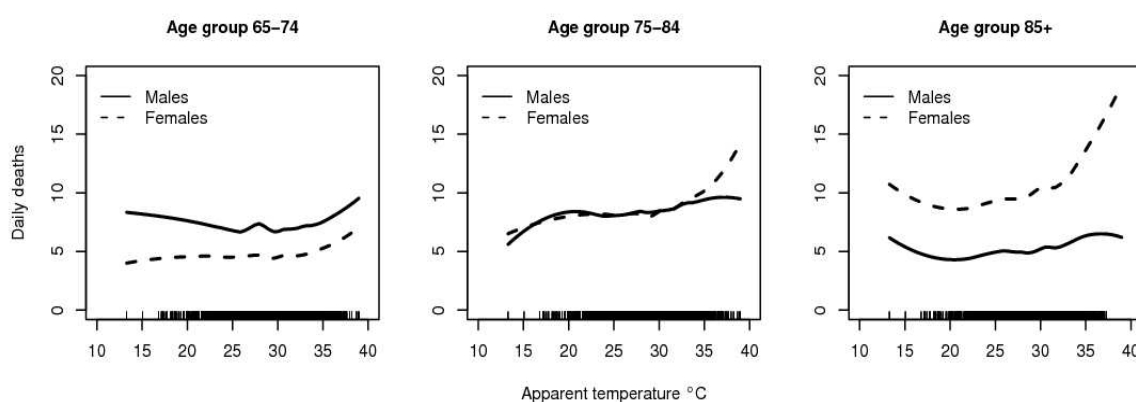


A Roma è stato condotto uno studio di serie temporali per analizzare gli effetti della temperatura sulla mortalità dal 1995 al 2004 durante il periodo estivo (giugno-settembre) tra gli uomini e tra le donne in diverse fasce di età (65-74, 75-84 e >85 anni) (Marino et al. 2006). La tabella 4 riporta le variazioni percentuali stimate della mortalità giornaliera per un incremento di 1°C della temperatura apparente massima, per valori di temperatura inferiori e superiori al valore soglia. Sopra il livello soglia gli effetti sono maggiori nelle donne, in particolare nelle donne anziane (75-84 anni) e molto anziane ( $\geq 85$  anni); negli uomini l'incremento maggiore si osserva nella fascia di età 65-74 anni e  $\geq 85$  anni. Un incremento della mortalità è stato osservato anche per temperature inferiori al valore di soglia in donne e uomini molto anziani. Il grafico della relazione temperatura-mortalità appare diverso nelle diverse fasce di età e tra uomini e donne. La maggiore eterogeneità tra uomini e donne si osserva nel gruppo dei più anziani, dove l'incremento della mortalità appare molto più marcato tra le donne. (Figura 24).

**Tabella 4: Variazioni della mortalità giornaliera a Roma per un incremento di 1°C della temperatura**

Sesso	Gruppo di età	Aumento percentuale della mortalità (%)			
		Valori inferiori al valore soglia	(95%IC)	Valori superiori al valore soglia	(95%IC)
Uomini	65-74	-0,60	(-1,37, 0,17)	4,21	(1,95, 6,51)
	75-84	0,16	(-1,73, 2,10)	1,79	(1,06, 2,53)
	+85	1,58	(0,66, 2,51)	4,25	(1,55, 7,03)
Donne	65-74	-0,02	(-0,88, 0,86)	5,19	(1,68, 8,81)
	75-84	0,45	(-0,31, 1,22)	5,73	(3,91, 7,59)
	+85	1,69	(1,05, 2,33)	9,09	(7,01, 11,21)

**Figura 24: Relazione temperatura-mortalità sesso e gruppi di età a Roma**



Analisi descrittive di episodi di ondate di calore hanno evidenziato che gli effetti si riscontrano soprattutto tra i residenti delle aree urbane (Rooney et al. 1998, Smoyer 1998) in soggetti con limitate risposte di adattamento a causa di fattori demografici, sociali e di condizioni di salute. Gli anziani (Basu & Samet 2002, Diaz et al. 2002), i bambini piccoli (Basu & Samet 2002), le persone che vivono in aree svantaggiate (Michelozzi et al. 2004) ed in condizioni di isolamento sociale (Semenza et al. 1996, Naughton et al. 2002) sono particolarmente vulnerabili all'effetto delle ondate di calore. Inoltre un aumentato rischio di mortalità si osserva in persone con patologie croniche, quali malattie cardiovascolari, respiratorie e cerebrovascolari (Kunst et al. 1993, Ballester et al. 1997, Semenza et al. 1999, Huynen et al. 2001, Braga et al. 2002, Diaz et al. 2002, Hajat et al. 2002, Michelozzi et al. 2005a, Michelozzi et al. 2005b, Schwartz 2005).

Un'analisi case-crossover, condotta in 4 città Italiane (Roma, Torino, Bologna e Milano) nel periodo 1998-2003 (Stafoggia et al. 2006) ha identificato alcune condizioni cliniche che aumentano il rischio di mortalità; tra le condizioni cliniche pregresse considerate, i disturbi psichici, la depressione, i disturbi della conduzione cardiaca ed i disturbi circolatori dell'encefalo sono emersi come fattori che

incrementano la vulnerabilità, mentre nel complesso un basso livello socio-economico è risultato essere un debole modificatore di effetto. Nell'analisi città-specifica, il diabete e l'obesità sono state riscontrate come condizioni aggiuntive che conferiscono una maggiore suscettibilità.

Se tutti gli studi confermano un importante ruolo dell'età come modificatore d'effetto del caldo sulla mortalità, il ruolo del genere rimane ancora controverso; diversi studi hanno riscontrato un maggior rischio fra le donne (Albertoni et al. 1984, Rooney et al. 1998, Kysely 2004, Michelozzi et al. 2004, Michelozzi et al. 2005a, Michelozzi et al. 2005b, Stafoggia et al. 2006), mentre in altri non sono state evidenziate differenze (Yan 2000, O'Neill et al. 2003) o sono stati riscontrati tassi di mortalità più elevati tra gli uomini (Marmor 1978, Merchandani et al. 1993, CDC 1995).

Pochi studi epidemiologici hanno analizzato l'effetto della temperatura su indicatori di morbosità. Uno studio su 12 città statunitensi (Schwartz et al. 2004) ha evidenziato un aumento dei ricoveri ospedalieri per cause cardiache associato ad aumenti di temperatura. Nell'ambito del progetto PHEWE incrementi della temperatura apparente massima non sono risultati associati ad incrementi dei ricoveri ospedalieri per cause cardiovascolari e cerebrovascolari in tutti i gruppi di età considerati, mentre un debole effetto è stato riscontrato sui ricoveri per cause respiratorie, in particolare nel gruppo di età +75 anni (Michelozzi et al. 2006b).

Episodi di temperature estreme, le così dette ondate di calore, hanno uno specifico impatto sulla salute umana. Episodi di ondate di calore sono documentati in Europa a partire dagli anni '70.

In Italia, il primo episodio ben documentato si è verificato a Roma nel 1983 (Albertoni et al. 1984) (tabella 5). L'ondata di calore durante l'estate 2003 rappresenta l'evento più drammatico documentato in Europa che ha causato probabilmente oltre 40.000 decessi, anche se una stima complessiva è difficile a causa delle diverse metodologie adottate nei diversi paesi.

L'estate del 2003 ha messo in evidenza che la maggior parte dei paesi europei non erano preparati al fenomeno. L'Europa non era preparata a prevedere, individuare e prevenire gli impatti sanitari delle ondate di calore, né ci si attendeva che si verificasse un'ondata di calore di tale portata. Dal drammatico numero di vittime dell'ondata di calore del 2003 in Europa, sono stati diretti alcuni sforzi verso la prevenzione degli impatti sanitari e la ricerca di impatti del calore sulla salute. In generale, è importante tenere presente che, alla luce degli scenari futuri dei



cambiamenti climatici, la frequenza e l'intensità delle ondate di calore sembra destinata ad aumentare e che potrebbero verificarsi episodi anche in aree di solito non esposte a temperature estreme durante la stagione estiva. Sebbene gli incrementi della mortalità durante episodi di ondata di calore rappresentino un fenomeno ricorrente, l'eccesso di morti stimato è fortemente legato alla definizione di ondate di calore ed alle caratteristiche degli eventi in termini di intensità e durata.

**Tabella 5: Stima di eccesso di morte in Italia durante le ondate di calore**

LUOGO	EPISODIO DI ONDATA DI CALORE	ECESSO DI MORTALITA' (TUTTE LE CAUSE)	RIFERIMENTI
Roma	1983	35% di aumento nelle morti nel luglio 1983 nel gruppo di età superiore a 65 anni	Albertoni et al. 1984
21 capitali	2003	Incremento generale del 21,3% nel gruppo di età superiore a 75 anni; aumento più significativo a Torino (44,9%), Trento (35,2%), Milano (30,6%), Genova (22,2%)	Conti <i>et al.</i> 2004
Bologna, Milano, Roma, Torino	2003	Aumento del 33% a Torino, del 23% a Milano, del 19% a Roma, del 14% a Bologna, con effetti maggiori nei gruppi di età 75-84 e superiore a 85 anni	Michelozzi et al. 2005a
Milano, Roma, Torino	2003	Impatto maggiore nei gruppi di età 75-84 e 85 anni, per patologie del sistema nervoso centrale, cardiovascolari, respiratorie, alle ghiandole metaboliche, cause di malattie psicologiche e nei livelli socio-economici più bassi	Michelozzi et al. 2005b
Progetto EuroHEAT 9 città europee, comprese Milano e Roma	Ondate di calore 1987-2004	% aumento tra gli uomini: il 24,7 % a Roma e 37,3% a Milano; tra le donne: 32,2 % a Roma, e 40,9% a Milano. L'effetto più rilevante per le ondate di calore di durata più lunga o di intensità più cospicua (aumento tra le 1,5 e le 5 volte più alta)	Michelozzi et al. (2007, presentato)

In Italia sono stati condotti diversi studi che hanno valutato l'impatto dell'ondata di calore del 2003: uno studio nazionale nelle province italiane (Conti et al. 2005), uno studio su quattro città focalizzato all'analisi della mortalità per causa a Milano, Roma, Torino (Michelozzi et al. 2005b), ed un'analisi case-crossover nelle stesse città allo scopo di identificare i fattori di rischio individuale associati al caldo (Stafoggia et al. 2006).

L'Ufficio di Statistica dell'Istituto Superiore di Sanità ha effettuato una valutazione della mortalità nei 21 capoluoghi di provincia delle regioni italiane nel periodo 1° giugno – 31 agosto 2003; rispetto all'estate 2002 è stato stimato un eccesso di decessi pari a 3.134, con l'aumento maggiore osservato tra le persone di 75 anni e più. L'aumento della mortalità non è stato omogeneo: l'aumento più rilevante è stato osservato nelle città del nord-ovest, in particolare a Torino (44,9%), Trento (35,2%), Milano (30,6%) e Genova (22,2%). L'aumento della mortalità è stato

maggiore nelle grandi aree urbane (39,8% per quelle città con più di 500.000 abitanti) rispetto alle città più piccole (13,8% per città con una popolazione uguale o inferiore a 100.000 abitanti e 29,2% per città con una popolazione compresa fra 100.001 e 500.000 abitanti) (Tabella 6).

**Tabella 6: Mortalità nel 2003 paragonata al 2002 nei 21 capoluoghi di provincia durante il periodo estivo**

Città	Tutte le età			75 anni e più anziani		
	2002	2003	Differenza (%)	2002	2003	Differenza (%)
Torino	1780	3241	31,5	1134	1643	44,9
Aosta	96	101	5,2	59	70	18,6
Genova	1829	2136	16,8	1295	1575	22,2
Milano	2438	2953	21,1	1612	2105	30,6
Capoluoghi nordoccidentali	6143	7531	22,6	4100	5393	31,5
Trento	168	223	32,7	122	165	35,2
Bolzano	196	251	28,1	135	156	15,6
Venezia	706	763	8,1	491	541	10,2
Trieste	795	835	5,0	571	606	6,1
Bologna	968	1144	18,2	698	880	26,1
Capoluoghi nordorientali	2833	3216	13,5	2017	2348	16,4
Capoluoghi settentrionali	8.976	10.747	19,7	6117	7741	26,5
Ancona	271	309	14,0	187	227	21,4
Firenze	941	1015	7,9	707	790	11,7
Perugia	33	368	10,8	229	268	17,03
Roma	5246	5849	11,5	3344	3899	16,9
Capoluoghi del centro	6790	7541	11,1	4457	5184	16,3
Napoli	2033	2339	15,1	1231	1458	18,4
L'Aquila	125	138	10,4	77	96	24,7
Campobasso	71	78	9,9	42	54	28,6
Bari	535	675	26,2	340	455	33,8
Potenza	109	122	11,9	63	79	25,4
Catanzaro	135	142	5,2	86	76	11,6
Palermo	1469	1558	6,1	896	1010	12,7
Cagliari	321	358	11,5	208	240	15,4
Capoluoghi meridionali	4798	5410	12,8	2943	3468	17,8
Tutti i capoluoghi d'Italia	20.564	23.698	15,2	13.517	16.393	21,3

Da: Conti et al. 2004

L'analisi della mortalità causa specifica effettuata in alcune città ha evidenziato che l'eccesso maggiore è stato osservato per patologie del sistema nervoso centrale, per cause cardiovascolari, respiratorie, per malattie alle ghiandole metaboliche/endocrine (tabella 7).

**Tabella 7: Mortalità per causa in tre città italiane durante l'ondata di calore dell'estate 2003.**

Causes of death	Rome				Milan				Turin			
	Observed	Expected	Excess	%	Observed	Expected	Excess	%	Observed	Expected	Excess	%
<i>Tumours</i>	1921	1779	142	<b>8</b>	926	935	-9	<b>-1</b>	656	639	17	<b>3</b>
<i>Circulatory</i>	2328	1876	452	<b>24</b>	1044	832	212	<b>25</b>	892	631	261	<b>41</b>
<i>Respiratory</i>	327	236	91	<b>38</b>	282	155	127	<b>82</b>	201	128	73	<b>57</b>
<i>Digestive System</i>	227	253	-26	<b>-10</b>	121	103	18	<b>17</b>	97	85	12	<b>14</b>
<i>Genitourinary</i>	81	63	18	<b>29</b>	57	41	16	<b>39</b>	40	27	13	<b>48</b>
<i>Metabolic/endocrine gland disorders</i>	307	247	60	<b>24</b>	111	66	45	<b>68</b>	103	42	61	<b>145</b>
<i>Psychological illnesses</i>	96	57	39	<b>70</b>	38	34	4	<b>12</b>	70	42	28	<b>67</b>
<i>Central Nervous system</i>	254	137	117	<b>86</b>	133	61	72	<b>118</b>	85	38	47	<b>124</b>
<b>All causes</b>	6009	5065	944	<b>19</b>	2968	2409	559	<b>23</b>	2332	1755	577	<b>33</b>

Un recente studio finanziato dalla Commissione Europea coordinato dall'OMS, denominato EuroHEAT, ha stimato l'effetto delle ondate di calore in 9 città europee (Atene, Barcellona, Budapest, Londra, Milano, Monaco, Parigi, Roma, Valencia) valutando l'impatto di ondate di calore con diverse caratteristiche (in termini di intensità, durata, periodo della stagione estiva, ecc.) (Michelozzi et al. 2007). L'effetto è espresso in termini di aumento percentuale della mortalità giornaliera durante gli episodi di ondate di calore: l'impatto stimato varia tra gli uomini tra l'8% di Londra ed il 37% di Milano e tra le donne tra l'8% di Monaco e il 40,9% di Milano. Comparando i risultati di analisi che utilizzano diverse definizioni di ondata di calore, l'aumento del rischio è risultato più evidente quando temperatura massima, minima e l'umidità relativa sono state considerate nella definizione di ondata di calore. Esaminando le caratteristiche dell'ondata di calore in termini di durata ed intensità, gli effetti maggiori sono stati osservati per le ondate di calore di lunga durata (maggiore di 4-5 giorni) con incrementi tra 2 e 5 volte superiori rispetto agli episodi di durata più breve.

Alcuni studi hanno indicato che gli effetti delle ondate di calore sono più evidenti all'inizio dell'estate, quando le persone vulnerabili non hanno avuto sufficiente tempo per acclimatarsi alle alte temperature (Smoyer 1998, Diaz et al. 2002, Hajat et al. 2002, Kyselý 2004).

L'impatto del calore sulla salute rappresenta una conseguenza dei livelli di esposizione, della vulnerabilità degli individui, e della loro capacità di far fronte alle temperature estreme (McCarthy et al. 2001). Fattori demografici e sociali, nonché il livello di urbanizzazione, l'inquinamento atmosferico e l'efficienza dei servizi sociali e dei presidi sanitari rappresentano importanti modificatori dell'effetto delle ondate di calore sulla salute.

Diversi autori suggeriscono che un efficace piano di risposta al caldo deve basarsi su un sistema di allarme città-specifico (*Health Health Watch Warning Systems, HHWWS*) in grado di prevedere il verificarsi delle ondate di calore estive ed il loro impatto sulla salute della popolazione con un anticipo sufficiente da consentire l'attivazione degli interventi (Ebi 2005, Menne 2005, Michelozzi et al. 2006). Tali sistemi integrati con specifiche misure di prevenzione, mirate ai sottogruppi più vulnerabili, possono ridurre gli effetti sulla salute della popolazione. Pertanto, gli interventi devono basarsi sull'identificazione *delle popolazioni ad alto rischio (anagrafe dei suscettibili)*, su un efficiente *sistema di previsioni e allarme (sistema HHWW)* e sulla definizione di *interventi di prevenzione di provata efficacia*.

Con riferimento alle variazioni di lungo termine, studi americani hanno evidenziato un declino generale della mortalità estiva, attribuibile a cambiamenti nelle strategie di adattamento, quali l'aumento dell'uso di aria condizionata e interventi di sanità pubblica (Smoyer et al. 2000b, Davis et al. 2003, Donaldson et al. 2003). Una diminuzione nella mortalità legata al caldo è stata osservata anche negli studi di episodi di ondate di calore in anni differenti; alcuni autori suggeriscono che, indipendentemente dalla differenza dell'esposizione, tale diminuzione può essere attribuibile alla variazione nell'adattamento individuale (Smoyer 1998, Weisskopf et al. 2002).

Tuttavia, per quanto riguarda le stime future, il quarto rapporto di valutazione dell'IPCC afferma che sono previsti incrementi della morbosità e della mortalità legate alle alte temperature.

Il recente studio PESETA ha stimato che, in Europa, più di 70.000 persone potrebbero morire annualmente nel 2070, a causa di ondate di calore se non saranno intraprese azioni preventive.

I modelli a lungo termine mostrano che gli aumenti dell'impatto del caldo sulla mortalità attribuibili ai cambiamenti climatici e all'invecchiamento della popolazione che determinerà un aumento della popolazione suscettibile possono essere ridotti ma non eliminati se si considerano i fenomeni di acclimatazione e di adattamento. Strategie a lungo termine dovranno essere intraprese per limitare gli effetti del caldo sulla salute, ad esempio adattamenti infrastrutturali, come gli interventi mirati a ridurre l'effetto "isola di calore urbana" (aumento delle aree verdi interne alla città, utilizzo di materiali con maggior resistenza e ridotto assorbimento di calore per la costruzione di edifici e altre infrastrutture) (Taha et al. 2004). Tali misure dovrebbero essere combinate con azioni di controllo dei livelli di inquinamento.

## 4.2 Effetti del freddo sulla salute

- L'Italia potrebbe teoricamente sperimentare una modesta riduzione nella mortalità invernale; in ogni caso il numero è ignoto e dipende molto da fattori socio-economici e sanitari.

In numerosi studi europei, le temperature fredde sono state associate ad aumenti della mortalità durante l'inverno (Donaldson & Keatinge 1997, Eurowinter Group 1997, Alberdi et al. 1998, Carder et al. 2005, Diaz et al. 2005, Huynen et al. 2001, Pattenden et al. 2003, Wilkinson et al. 2004). E' stato valutato che alcune patologie sono connesse alla mortalità legata al freddo. Prima di tutto,

l'ischemia cardiaca può essere considerata la prima causa specifica associata ad un eccesso di mortalità durante l'inverno, rispondendo della metà, circa, di tutti gli eccessi di morte (Mackenbach et al. 1992, Mercer 2003). Lo stress da freddo è stato anche associato ad un aumento delle mortalità per cause cerebrovascolari (Donaldson & Keatinge 1997, Eurowinter Group 1997, Gemmell et al. 2000, Gorjanc et al. 1999) e l'associazione era piuttosto simile a quella riscontrata per le patologie coronariche. Alla fine, vi è qualche evidenza che il contributo delle cause respiratorie agli eccessi di mortalità invernale è più piccolo rispetto a quello delle cause cardiovascolari (Mackenbach et al. 1992, Mercer 2003), ma la loro importanza non dovrebbe essere sottostimata poiché diversi studi hanno documentato un effetto significativo del freddo su queste cause.

Nel progetto PHEWE, l'analisi dell'effetto della temperatura apparente sulla mortalità, nella stagione invernale, ha mostrato una relazione lineare con una pendenza negativa. Una diminuzione di 1°C della temperatura apparente è stato associata ad un aumento nella mortalità totale giornaliera dell' 1%, con un effetto maggiore per le cause cardiovascolari e respiratorie. E' stata osservata una significativa eterogeneità tra città. E' stata individuata una latenza dell'effetto fino a 20 giorni (Analitis et al. 2006). Nell'analisi dei ricoveri ospedalieri, le cause cardiovascolari hanno mostrato una debole associazione con un aumento nel Tappmax solo per i gruppi di età 65-74 e maggiori di 75 anni (Michelozzi et al. 2006b). Risultati città specifici per i ricoveri per cause cardiovascolari, hanno indicato un significativo effetto solo a Barcellona (tutte le età e maggiore di 75 anni), Budapest (tutte le fasce di età) e Londra (tutte le età e maggiore di 75 anni). Le cause cerebrovascolari non sono state associate a diminuzioni della temperatura nella maggior parte delle città; i risultati città specifici hanno mostrato una

significativa associazione solo a Barcellona (età maggiore di 75 anni) e Budapest (tutte le età e maggiori di 75 anni). Una relazione lineare, negativa è stata osservata tra le temperature invernali e i ricoveri per cause respiratorie. Un effetto significativo è stato osservato su i ricoveri per cause respiratorie in tutti i gruppi di età a Budapest, Dublino, Londra, Parigi, Roma, Stoccolma e Valencia, mentre per Barcellona e Milano solo per tutte le età e maggiore di 75 anni. Vale la pena notare un certo livello di eterogeneità tra stime specifiche per città per tutti e tre i risultati. I risultati pooled indicano un significativo aumento dei ricoveri ospedalieri per una diminuzione di 1°C nel Tappmax, per cause cardiovascolari nelle fasce di età di 65-74 e maggiori di 75 anni, in tutte le città e solamente nelle fasce di età maggiore di 75 anni, nelle città settentrionali/continentali. Non è stato individuato un effetto delle basse temperature per i ricoveri per cause cerebrovascolari in tutti e tre i gruppi di città (tutte le città, città mediterranee, città settentrionali/continentali). Con riferimento ai ricoveri per cause respiratorie, è stata osservata un'associazione significativa con la temperatura per tutti i gruppi di età considerati, sebbene la più rilevante nella fascia di età superiore ai 75 anni, in tutte le città, nonché nelle città settentrionali/continentali. Nelle città mediterranee, la sola associazione significativa è stata trovata nella fascia di età superiore ai 75. In Italia, dove è disponibile un'ampia letteratura circa l'impatto del caldo e delle ondate di calore sulla salute, come evidenziato nel capitolo 4.1, vi sono evidenze limitate circa l'impatto del freddo. Quindi, in questa sede vengono fornite solo poche informazioni.

Per quanto riguarda il quarto rapporto di valutazione dell'IPCC, i giorni e le notti freddi, i giorni ghiacciati sono diventati più rari e spiegano solo una piccola parte di questa riduzione della mortalità invernale; il miglioramento delle condizioni abitative (in termini di riscaldamento), condizioni di salute generale migliorate ed il progresso della prevenzione e del trattamento di infezioni invernali hanno giocato un ruolo più significativo (Carson et al. 2006). La somma della riduzione della mortalità legata al freddo e gli aumenti di quella legata al caldo non è nota, ed in definitiva non può essere paragonata l'una con l'altra.

### 4.3 Inondazioni e salute

- L'intensità delle precipitazioni sembra essere in aumento in Italia;
- Le inondazioni sono un problema sociale e sanitario;
- In Italia andrebbero approfonditi gli studi sulla quantificazione delle malattie associate alle inondazioni evidenziate negli altri Paesi Europei

Le inondazioni possono causare lesioni dirette, decessi e malattie; possono danneggiare l'ambiente, le infrastrutture, i beni. La frequenza di grandi inondazioni è aumentata durante il ventunesimo secolo, sebbene gli impatti totali sulla mortalità si siano ridotti significativamente negli ultimi decenni.

Gli impatti possono essere a breve e lungo termine. In termini di vite umane, la maggior parte degli episodi alluvionali esaminati hanno causato più di 10 morti/ciascuna e cinque di questi hanno causato più di 100 morti/ciascuno. Questo è particolarmente vero nel contesto delle informazioni internazionali sui disastri (EM-DAT & Université Catholique de Louvain, 2007). Le conseguenze dell'inondazione non sono risultate sempre legate all'intensità degli eventi meteorologici; altri fattori quali l'uso del territorio, le pressioni antropogeniche e l'efficacia delle strutture di allarme e previsione hanno giocato anche un ruolo importante. La maggior parte delle inondazioni si sono verificate nella stagione autunnale.

Viene generalmente riconosciuto che le alte precipitazioni accrescono la densità di agenti microbiologici nell'acqua di superficie e, conseguentemente, il rischio associato al loro uso (Eisenreich, 2005). A titolo esemplificativo, l'incidenza di sintomi gastrointestinali è aumentata durante le inondazioni negli Stati Uniti (Wade et al., 2004) e vi è stata un'associazione significativa, da un punto di vista statistico, tra le precipitazioni e le malattie trasmesse dall'acqua dal 1948 al 1994 (Curriero et al., 2001). Epidemie di criptosporidiosi, giardiasi, campilobatteriosi e altre infezioni sono state innescate da episodi di grandi precipitazioni in Gran Bretagna e Stati Uniti (Atherton, Newman & Casemore, 1995, Lisle & Rose, 1995, Rose et al., 2001). E' stato intrapreso un numero limitato di studi epidemiologici di breve termine volto a valutare gli impatti sanitari delle inondazioni, ma vi è carenza degli studi degli impatti sanitari ed economici a lungo termine. Le inondazioni possono anche aumentare il rischio chimico, infatti hanno la capacità di rimobilizzare e ridistribuire grandi quantità di contaminanti spesso causano il dilavamento di siti di scarico di prodotti tossici (Eisenreich, 2005).

Gli effetti negativi sulla salute umana possono essere sintetizzati in

- morti traumatiche, principalmente per annegamento;
- ferite;
- infezioni enteriche per l'aumento della densità dei microrganismi patogeni nelle acque di superficie, per l'aumento del deflusso di patogeni microbici dal concime nella terra, sovraccarico delle strutture per il trattamento dell'acqua e sistemi di fognatura, traboccamento del liquame non trattato e rifiuti di origine animale dalle fattorie, maggiore risospensione di microrganismi patogeni dai sedimenti, tempi più brevi per la residenza e quindi minor tempo per l'inattivazione dei patogeni;
- inoltre, le inondazioni possono aumentare le infiltrazioni delle acque di scarico dalle tubature delle fogne o serbatoi settici e facilitare la contaminazione delle acque sotterranee;
- salute mentale come malattie da stress post-traumatico;
- malattie trasmesse da vettori;
- malattie trasmesse dai roditori quali la leptospirosi;
- avvelenamento causato da sostanze tossiche;
- morsi di serpente quando i rettili cercano rifugio nelle case per sfuggire all'inondazione;
- crescite delle muffe e spore nel periodo immediatamente successivo alle inondazioni;
- altri risultati sanitari negativi quali l'interruzione dei servizi sanitari e spostamento della popolazione.

Le inondazioni rappresentano anche un enorme problema sociale: nel 2003 le persone coinvolte in episodi di inondazioni in Italia sono state 319.900. Le risorse necessarie per le attività di ripristino sono state stimate in più di 2.180 milioni di Euro.

In futuro e secondo il cambiamento delle condizioni climatiche, è probabile che l'incremento dell'intensità di pesanti precipitazioni renda più frequenti fenomeni estremi quali le inondazioni. Il numero di morti può essere particolarmente elevato durante improvvise e inaspettate inondazioni. Gli eventi potrebbero causare aumenti di patologie fisiche (p.e. ferite) nonché mentali (stress e depressione). Le malattie trasmesse dall'acqua e dal cibo potrebbero aumentare in modo particolare quando la disponibilità di acqua diminuisce e le alte temperature influenzano la qualità del cibo.



Vi sono scarse informazioni disponibili su quante persone sono morte o sono state ferite nei disastri naturali in Italia. Dal database dell'EM-DAT (Emergency Disasters Database= Archivio delle emergenze per disastri) si riporta che quasi 140.000 persone sono morte in disastri naturali dal 1905. Perché un disastro sia inserito nel database deve essere soddisfatto almeno uno dei seguenti criteri: 10 o più persone dichiarate uccise, 100 persone coinvolte, una chiamata per assistenza internazionale, dichiarazione dello stato di emergenza. I criteri di inserimento nel database dell'EM-DAT sono utili per fornire una visione di insieme globale sui disastri. Per l'analisi nazionale i criteri sono troppo severi. Fonti alternative rivelano che, dal 1991 al 2001, in Italia si sono verificate circa 12.000 frane e più di 1.000 inondazioni. Solo i principali episodi di inondazioni nel 2003 hanno interessato più di 300.000 persone e causato un danno economico di più di 2 milioni di Euro. Accanto a ciò, vi sono molti episodi di inondazioni più piccoli che danneggiano le aree agricole e urbane, causando un danno significativo ma non vittime umane.

#### 4.4 Qualità dell'aria e salute

Il cambiamento climatico può aggravare gli effetti dell'inquinamento atmosferico attraverso:

- Una maggiore concentrazione di inquinanti dannosi (ozono)
- Un aumento della capacità tossica degli inquinanti.

La prevalenza di malattie respiratorie e di allergie attribuibili all'inquinamento può aumentare come risultato dei cambiamenti climatici

Come illustrato nel quarto rapporto di valutazione dell'IPCC, concentrazioni di ozono a livello del suolo sono in aumento in molte regioni. Le concentrazioni di diversi inquinanti atmosferici, e in particolare del particolato fine (PM), possono mutare in risposta al cambiamento climatico; in alcune regioni, è previsto che modifiche della media e della variabilità della temperatura e delle precipitazioni incrementino la frequenza e degli episodi di incendi e di ondate di calore; durante le ondate di calore possono aggravarsi gli episodi di inquinamento ambientale. In condizioni di

particolare circolazione atmosferica, il trasporto di inquinanti può essere maggiore e coprire ampie distanze per periodi prolungati.

L'inquinamento atmosferico ha un notevole impatto sulla salute. Vi è un'ampia letteratura attestante gli impatti negativi sull'uomo dell'esposizione ad aeroallergeni e a concentrazioni elevate di inquinanti atmosferici: ozono, materiale particolato (PM) con diametro aerodinamico sotto 10 e 2.5  $\mu\text{m}$  (PM10, PM2.5), biossido di zolfo, biossido di azoto, monossido di carbonio e piombo. Nel 2000, vi sono stati 0,8 milioni di morti e 7,9 milioni di DALY (N.d.T. "anni di vita persi in buone condizioni di salute". Il DALY è un indicatore utilizzato per valutare l'impatto dei

diversi fattori di rischio in termini di "perdita di anni di vita in buono stato di salute") persi per problemi respiratori, patologie polmonari e cancro attribuibili all'inquinamento atmosferico urbano. Il peso più ampio è per i paesi in via di sviluppo nelle regioni del Pacifico occidentale e del sudest asiatico (WHO (OMS), 2002). Vi sono stati inoltre 1,6 milioni di morti attribuibili all' inquinamento atmosferico dei luoghi chiusi causato dalle emissioni derivanti dalla combustione delle biomasse.

Il cambiamento climatico può influenzare la qualità dell'aria a livello locale e regionale attraverso modifiche delle velocità delle reazioni chimiche in atmosfera, delle altezze degli strati di rimescolamento degli inquinanti, e modifiche nelle caratteristiche dei flussi d'aria che regolano il trasporto di inquinanti (capitolo 3.3). Se dunque le condizioni meteorologiche influenzano lo sviluppo, il trasporto, la dispersione e il deposito di inquinanti atmosferici, si può prevedere che il cambiamento climatico condiziona l'impatto sulla salute associato all'inquinamento da polveri fini e sostanze gassose.

L'ozono è un gas che ha una influenza negativa sulla salute umana. L'ozono è un costituente importante dello smog urbano e si forma come inquinante secondario attraverso reazioni fotochimiche che coinvolgono gli ossidi di azoto e i composti organici volatili alla presenza della luce del sole. La temperatura, i venti, la radiazione solare e l'umidità atmosferica influenzano sia la produzione di ozono che l'emissione dei precursori dell'ozono stesso. I veicoli con motore a benzina sono le fonti principali di composti organici volatili e di ossidi di azoto. Poiché la formazione di ozono dipende dalla radiazione solare, le concentrazioni sono di solito più alte durante i mesi estivi. Le concentrazioni di ozono nell'aria, le attività quotidiane e le caratteristiche abitative sono i determinanti più importanti dell'esposizione personale all'ozono (Suh et al., 2000).

L'aumento di emissioni di precursori di ozono in condizioni atmosferiche di maggiore calore tenderanno ad aumentare le concentrazioni di ozono troposferico. Le concentrazioni attuali di ozono troposferico sono circa 36% più alte rispetto alle concentrazioni preindustriali. L'ozono ha una azione irritante con una azione tossica sulle mucose delle vie respiratorie e un conseguente decremento della funzione respiratoria. L'esposizione ad elevate concentrazioni deteriora la normale funzione del polmone. Anche se piccoli cambiamenti nella funzione del polmone possono non interferire con le normali attività quotidiane nei soggetti sani, tali modifiche in soggetti con patologie preesistenti possono risolversi in effetti molto negativi da un punto di vista clinico. E' stato dimostrato che l'esposizione a concentrazioni elevate

di ozono è associata all'aumento di ricoveri ospedalieri per polmonite, malattie polmonari croniche ostruttive, asma, e altre patologie respiratorie e a mortalità prematura.

Vari studi hanno osservato un aumento della morbosità e della mortalità nelle situazioni meteorologiche calde ed in condizioni di inquinamento atmosferico elevato. Ye et al. (2001) hanno messo in evidenza come le concentrazioni di biossido di azoto e di PM10 sono associate al ricorso al pronto soccorso ospedaliero per angina, infarto del miocardio, scompenso cardiaco, asma, bronchite acuta e polmonite. Il ricorso alle cure ospedaliere è stato anche associato all'aumento della temperatura massima. In uno studio condotto in Belgio si è osservato che elevate temperature esterne in combinazione con alte concentrazioni di ozono sono la causa dell'eccesso di mortalità durante un'ondata di calore (Sartor F. et al., 1995). Studi più recenti hanno mostrato che durante le ondate di calore, l'inquinamento atmosferico ha un impatto aggiuntivo sulla mortalità (Fischer, Brunekreef & Lebret, 2004, Stedman, 2004).

Studi epidemiologici condotti in diversi paesi hanno osservato associazioni tra aumenti della concentrazione del PM e incrementi della morbosità e mortalità, in modo particolare, tra le persone con patologie respiratorie e cardiovascolari. Vi sono tuttavia ancora importanti quesiti scientifici relativi ai possibili meccanismi degli effetti del PM: i fattori responsabili degli effetti negativi sulla salute (dimensione o composizione chimica delle particelle), i gruppi di popolazione che possono essere particolarmente suscettibili agli effetti del PM. Le ipotesi più recenti indicano che le polveri (ultrafini, UF, < 0.1 micron) e i metalli di transizione (come Nickel, Zinco e Ferro) possono giocare un ruolo importante nell'induzione di effetti tossici. I risultati ottenuti durante la rilevazione delle polveri in alcuni siti ubicati al centro della città di Roma, hanno mostrato livelli elevati di PM10 e PM2,5 con valori di picco durante i mesi invernali. Le concentrazioni di polveri UF hanno analoghe tendenze stagionali e una forte dipendenza dai flussi di traffico veicolare (Marconi, 2003).

Nel progetto MISA (N.d.T. Il progetto MISA è finalizzato alla valutazione degli effetti dell'inquinamento atmosferico in Italia") è stata condotta una meta-analisi degli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico sulla salute in otto città italiane, dal 1990 al 1999. Ogni inquinante (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, PM10, O<sub>3</sub>) era associato significativamente alla mortalità per cause naturali. L'effetto del PM10

sulla mortalità era maggiore durante la stagione calda e tra gli anziani. E' stato notato un gradiente sud-nord della associazione tra inquinanti e la mortalità totale. I risultati supportano l'ipotesi di una sinergia tra le variabili meteorologiche e l'inquinamento atmosferico (Biggeri, A. et al., 2005). La concentrazione media annuale di PM10 nella maggiori città italiane supera i 40 µg/m<sup>3</sup>, con un range da 30 µg/m<sup>3</sup> a meno di 70 µg/m<sup>3</sup>. Sono disponibili pochi dati sul PM2.5, a Roma i livelli medi annuali sono risultati vicini a 28 µg/m<sup>3</sup>, con medie nelle 24 ore che oscillano da 5 a 101 µg/m<sup>3</sup> (Zapponi & Marconi, 2003).

Due studi di serie temporali tra gli abitanti di Roma hanno riscontrato che la mortalità giornaliera è associata alla concentrazione media di polveri e di NO<sub>2</sub> dello stesso giorno e del giorno precedente. I ricoveri ospedalieri per patologie cardiovascolari sono correlati in modo positivo al PM, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, e CO. I ricoveri ospedalieri per patologie respiratorie sono associati ai livelli di NO<sub>2</sub> e CO tra i bambini (0-14 anni) e tra gli adulti (15-64 anni). Gli incrementi di ozono sono associati con i ricoveri per malattie respiratorie, specie nei bambini (0-14 anni) (Michelozzi, P. et al., 2000b). La gran parte di questi effetti si verifica durante la stagione calda dell'anno.

Quando si considerano gli effetti a lungo termine dell'inquinamento atmosferico, è opportuno considerare gli studi sui disturbi respiratori tra gli adulti e i bambini. Le malattie respiratorie croniche rappresentano una condizione importante nella valutazione degli effetti climatici. Il peso della Broncopneumopatia Cronica Ostruttiva (BPCO) è molto grande per la popolazione italiana. I dati di prevalenza indicano che la BPCO è nel range di 3,9% (donne) e 4,8% (maschi), con valori più alti quando si considera la popolazione maggiore di 64 anni di età (18,3% uomini, 11,2% donne). Studi epidemiologici più accurati, che usano misure obiettive di funzione polmonare, hanno indicato che la malattia è spesso sotto-diagnosticata e trattata solo ad uno stadio avanzato, mentre è un problema sanitario grande anche tra i giovani adulti. E' stato stimato che la vera prevalenza di ostruzione bronchiale cronica a 25 anni è nel range dell'11%-18%, a seconda dei criteri clinici utilizzati (Viegi et al., 2001). I dati di mortalità derivanti dal COPD indicano una tendenza in lenta discesa negli ultimi decenni con circa 18 e 5 morti per 10.000 abitanti rispettivamente per uomini e donne.

Ciccone et al (1998) hanno preso in considerazione gli effetti della esposizione al traffico in un grande studio sulla popolazione pediatrica in Italia (SIDRIA). Le interviste alle famiglie erano volte a raccogliere informazioni sulla densità del

traffico di mezzi pesanti nella strada di residenza ed è stata valutata l'associazione con le patologie respiratorie tra i bambini. Un'alta frequenza di camion nella strada di residenza era associata ad un aumento significativo di rischi di dispnea, bronchiti ricorrenti, bronchioliti e polmoniti. Nelle aree metropolitane (Torino, Milano, Roma) vi era anche un'associazione con sintomi respiratori comuni quali asma comune, attacchi di dispnea, tosse e catarro persistenti. In un recente studio longitudinale che ha seguito i bambini per molti anni valutando i ricoveri ospedalieri per disturbi respiratori (Farchi et al, 2006), è stata notata una chiara associazione tra la concentrazione di NO<sub>2</sub> misurata nell'area di residenza e la successiva incidenza di infezioni respiratorie.

Quando si considerano i possibili effetti dei cambiamenti climatici in Italia, sono rilevanti gli studi condotti per valutare gli effetti delle ondate di calore e dell'inquinamento atmosferico. L'analisi dell'impatto dell'ondata di calore e dell'ozono in Gran Bretagna durante l'estate 2003 ha stimato che il 21-38% dell'eccesso di morte era attribuibile ad elevati livelli di ozono (Stedman, 2004). Sempre alta risulta la proporzione dell'eccesso di morti attribuibile ai livelli elevati di ozono e di polveri durante l'ondata di calore del 2003 nei Paesi Bassi: le stime indicano una quota di 400-600 decessi collegati all'inquinamento atmosferico, quasi la metà dei 1.000-1.400 morti in eccesso osservati durante l'ondata di calore in questo paese (Fischer, Brunekreef & Lebrecht, 2004). In Francia, è stato condotto uno studio sulla mortalità in relazione alla temperatura e all'inquinamento atmosferico in nove città. Ad un più elevato eccesso di mortalità durante l'ondata di calore corrisponde una più bassa percentuale di ozono (Parigi, Lione). Nelle città ove l'eccesso generale di mortalità è relativamente basso, il contributo dell'ozono a questo è molto più alto (Tolosa, Le Havre) (INVS, 2004).

**Tabella 8: Eccesso di rischio medio attribuito all'ozono e alla temperatura**

	Mortality all ages			Mortality of over 65		
	Excess risk ozone and temperature (%)	Ozone part (%)	Temperature part (%)	Excess risk ozone and temperature (%)	Ozone part (%)	Temperature part (%)
Bordeaux	25.00	2.46	97.54	26.66	1.31	98.69
Le Havre	10.58	58.00	42.00	10.87	82.43	17.57
Lille	13.97	44.61	55.39	15.28	48.50	51.50
Lyon	87.74	2.57	97.43	95.07	0.18	99.82
Marseille	11.19	50.30	49.70	9.99	49.48	50.82
Paris	174.68	7.33	92.67	203.22	6.46	93.54
Rouen	35.24	32.60	67.40	36.01	31.48	68.52
Strasbourg	11.75	75.95	24.05	11.21	74.27	25.73
Toulouse	17.98	85.34	14.66	22.96	92.14	7.86

E' stato pubblicato uno studio interessante sulla relazione tra il clima, l'inquinamento atmosferico e la prevalenza di patologie respiratorie tra i giovani adulti (De Marco et al, 2002). Lo scopo specifico era di valutare in quale misura il clima e l'inquinamento esterno di NO<sub>2</sub> potessero spiegare la variazione geografica della prevalenza di asma e riniti allergiche in Italia. I dati sono stati raccolti in uno studio cross-sectional (trasversale) condotto tra il 1998 ed il 2000 su giovani adulti di età tra i 20 ed i 44 anni che vivono in 13 aree da due regioni climatiche italiane diverse (subcontinentale e mediterranea). Le aree mediterranee avevano una prevalenza significativamente più alta di sintomi tipici dell'asma, temperatura media annuale più alta, variazione della temperatura più ridotta e livelli di NO<sub>2</sub> più bassi (31,46 µg/m<sup>3</sup> vs. 57,99 µg/m<sup>3</sup>) rispetto a quelle subcontinentali. Il clima mediterraneo era associato ad un aumento del rischio di dispnea, attacchi di asma e altri sintomi respiratori. Dopo l'aggiustamento per i fattori climatici, un aumento dei livelli di NO<sub>2</sub> era associato moderatamente con il rischio di asma e di sintomi tipici dell'asma. I risultati dello studio hanno indicato che la prevalenza dell'asma aumenta quando la temperatura media annuale cresce e la variazione della temperatura diminuisce. Inoltre, il clima interagisce con l'esposizione esterna di NO<sub>2</sub>, aumentando il rischio di riniti allergiche in persone esposte a temperature stabilmente alte.

I possibili effetti dei cambiamenti del clima sugli effetti dell'inquinamento atmosferico richiedono approfondimenti futuri su diversi aspetti.

- Gli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico si verificano in misura maggiore nella stagione calda.
- Occorre chiarire il ruolo delle dimensioni e della composizione chimica delle polveri.
- Deve essere esaminata più in dettaglio la possibile sinergia tra l'inquinamento atmosferico e gli episodi meteorologici estremi.
- Deve essere aggiornata la sorveglianza sulla prevalenza e mortalità derivante da patologie respiratorie.
- Devono essere progettati studi di lungo termine sugli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla patologia respiratoria in zone con caratteristiche climatiche diverse.

## 4.5 Le malattie da vettore

- Casi di febbre del Nilo occidentale, di leishmania e di febbre bottonosa potrebbero aumentare;
- La vigilanza per la malaria e febbre dengue devono continuare, poiché vi è un potenziale rischio;
- Il controllo del vettore e l'individuazione precoce del caso saranno essenziali per evitare l'espansione delle malattie da vettore.

E' ben noto che fattori climatici possono influenzare la comparsa o ricomparsa di malattie infettive in una determinata area quando vi siano altri fattori biologici, ecologici e socio-economici favorevoli all'evento (Patz et al., 1996). Le malattie da vettore riguardano oltre 700 milioni di persone, ogni anno, e sono considerate le più suscettibili ai cambiamenti climatici ed ambientali. Dal 1990, l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha lanciato l'allarme sugli effetti che i cambiamenti climatici

potrebbero avere sulla diffusione di malattie trasmesse da vettori (WHO, 1990, 2004). L'Italia, rappresentando uno dei paesi collocati più a sud del continente europeo ed costituendo un ponte ideale verso il continente africano, potrebbe essere particolarmente coinvolto in questo fenomeno. Considerando l'aumento di temperatura sopra menzionato, riportiamo in questa sede e discutiamo il suo possibile impatto sulle malattie da vettore in Italia. Questi effetti possono essere sintetizzati nei 6 seguenti processi:

- Ampliamento dell'area di distribuzione dei vettori indigeni;
- Riduzione della durata dei cicli di sviluppo dei vettori indigeni;
- Riduzione della durata della riproduzione del patogeno nell'artropode;
- Prolungamento della stagione idonea alla trasmissione degli agenti patogeni;

- Importazione e adattamento dei di nuovi artropodi vettori;
- Importazione e adattamento dei di nuovi agenti patogeni attraverso vettori o serbatoi;

### **I vettori di malaria**

L'importanza delle zanzare come vettori di malattie è legata soprattutto alla trasmissione della malaria, una malattia che causa, oggi, ancora milioni di morti ogni anno nel mondo (WHO (OMS), 2005). In Italia, la malaria è stata eradicata alla fine degli anni '40. In ogni caso, specie di anofeli, responsabili della trasmissione della malaria, sono ancora presenti in notevole densità nelle regioni meridionali dell'Italia, per esempio in Sicilia e Sardegna (Romi et al., 1997). Oggi, la quasi totalità dei casi di malaria notificati annualmente in Italia sono di importazione e solo pochi casi sono contratti localmente, di solito a seguito di episodi accidentali (trasfusioni, contaminazioni, importazione di vettori infetti) (Romi et al., 1999b, 2001b). Tuttavia, il caso di malaria autoctona verificatosi nel 1997 in Italia (Baldari et al., 1998), ha dimostrato il rischio persistente di ricomparsa della malaria a causa della presenza di *Anopheles labranchiae* e *An. superpictus*, due dei vettori responsabili della trasmissione precedente. Uno studio recente condotto in Toscana (Romi et al., 2001c) ha valutato i parametri che definiscono il cosiddetto "potenziale malariogenico" di un paese, ovvero la possibilità che possano verificarsi casi di malaria indigena: la ricettività, l'infettabilità e la vulnerabilità. Il primo si riferisce alla presenza di potenziali vettori, il secondo alla possibilità che i vettori indigeni siano compatibili con ceppi plasmodiali provenienti da zone di endemia, e il terzo alla circolazione di soggetti portatori di gametofiti. Il potenziale malariogenico per l'Italia non è molto alto, ma non esclude, tuttavia, il possibile verificarsi di casi di malaria derivanti da malaria autoctona nelle aree "a rischio", in modo particolare, nel sud e nelle isole.

In condizioni di cambiamento climatico, nei prossimi decenni, l'aumento costante della temperatura media potrebbe ampliare l'area di distribuzione dei vettori. Anche l'importazione accidentale di vettori infetti da zone endemiche (per esempio con i voli intercontinentali) potrebbe accadere di nuovo. Ma questo causerebbe probabilmente solo casi isolati di malaria. Inoltre la distribuzione di vettori è funzione della presenza di idonei luoghi di riproduzione stagionale dei vettori tra luglio e settembre. Perciò, la possibilità che un vettore tropicale possa stabilirsi in Italia, a seguito dell'aumento della temperatura, appare altamente improbabile per la complessità di fattori ecologici legati alle diverse specie anofeline.



## Vettori di arbovirus

Diverse specie di *Culicidi* presenti in Italia sono potenziali portatori di arbovirus. L'isolamento dell'arbovirus dai *Culicidi* italiani si è verificata più di 40 anni fa in due esemplari diversi di zanzare *Aedes* (*Aedes caspius* e *Ae. vexans*) raccolte nel Friuli; il virus è risultato appartenere al tipo *Tahyna* (Saccà et al., 1968). Nello stesso periodo, una bassa prevalenza di anticorpi anti-Tahyna è stata trovata in campioni di sieri umani raccolti in alcune regioni (Friuli, Campania, Sardegna, Emilia). Inoltre, i sieri umani e di animali domestici erano positivi al test di emoagglutinazione contro la febbre del Nilo Occidentale (WN) e contro l'Encefalite Equina Occidentale (WEE), mettendo in rilievo che deve essere avvenuta una circolazione di questi arbovirus, sebbene a basso livello, in quelle aree (Verani et al., 1979). Tra i potenziali vettori di *Culicidi* di arbovirus in Italia, almeno 3 specie meritano particolare attenzione: la prima, *Culex pipiens*, una specie autoctona che rappresenta il principale componente della entomofauna locale; il secondo, *Aedes albopictus*, introdotto in Italia nei primi anni '90 e al momento solidamente attecchito sul territorio (Romi, 1999a); il terzo, *Aedes aegypti*, attualmente non presente nel bacino del Mediterraneo tuttavia, come menzionato in precedenza, i cambiamenti climatici entro i prossimi decenni potrebbero favorire la sua reintroduzione nei paesi dell'Europa meridionale. In Italia, come in altri paesi europei, l'aumento della temperatura media potrebbe determinare una maggiore circolazione del virus, amplificando la densità dei vettori, prolungando la stagione favorevole alla trasmissione del virus e prolungando la presenza di uccelli migratori che agiscono da serbatoio.

Potenzialmente, l'*Aedes albopictus* è in grado di diventare infetto con oltre 20 arbovirus (Shroyer, 1986; Boromisa et al., 1987; Mitchell, 1991). L'*Aedes albopictus* nei suoi paesi di origine, che vanno dalla Cina meridionale al Sudest asiatico, è un vettore incriminato della dengue (DEN), febbre gialla e encefalite giapponese. In Europa l'aumento della temperatura favorirebbe la sua espansione verso regioni settentrionali ma in Italia ove la specie è già presente fino alle regioni alpine (Romi, 2001a), la sua espansione verso nord ha già raggiunto il massimo; viceversa, la specie potrebbe vedere una riduzione della sua presenza nelle regioni meridionali se l'aumento della temperatura non fosse accompagnato da abbondanti precipitazioni durante i mesi più caldi.

Fino alla fine della Seconda Guerra Mondiale, la presenza di *Aedes aegypti* nei paesi dell'Europa meridionale era riportata piuttosto frequentemente. Nel 1930, la specie ha raggiunto la sua espansione massima nel bacino del Mediterraneo, essendo presente, su base stagionale, dalle coste atlantiche della Francia, Portogallo e

Marocco fino ad oriente, fino alla Turchia, il Medio Oriente e la penisola arabica (Mitchell, 1995). Tra il XIX ed il XX secolo, la specie era certamente responsabile dei casi di febbre gialla verificatisi nelle città portuali francesi di Brest, Bordeaux e Marsiglia (Rageau et al., 1970), e probabilmente anche in Italia, a Livorno (Piras, 1917). In Italia, in modo particolare, l'*Aedes aegypti* è stato riportato molte volte dal 1889 al 1944, quasi esclusivamente nelle città portuali (Ficalbi, 1899; Piras, 1917, 1918 e 1928; La Face e Raffaele, 1928). La specie non era riuscita a sopravvivere nei mesi invernali, non essendo in grado di andare in letargo in qualsiasi stadio di sviluppo e non riuscendo perciò a mettere definitivamente radici sul territorio. Di sicuro, la specie era responsabile della dengue endemica che si è verificata in Grecia tra il 1927 e il 1928, con un milione di casi clinici e circa 1.000 morti (Halstead e Papaevangelolou, 1980). In Italia, l'ultima notifica è stata riportata nella città di Genova nel 1944. La specie, probabilmente è scomparsa definitivamente dall'Italia immediatamente dopo la Seconda Guerra Mondiale, per il Programma di Lotta alla Malaria basato sulla applicazione del DDT all'interno delle abitazioni e ricoveri animali (1947-1951). Poiché l'*Aedes aegypti* sopravvive più facilmente di *Ae. albopictus* in ambienti aridi (Christophers, 1960), l'aumento della temperatura media potrebbe portare, anche nel prossimo futuro, alla reintroduzione e ristabilimento di ampie popolazioni di questo potente vettore nei paesi confinanti con il mar Mediterraneo, Italia compresa.

### **Flebotomi**

I portatori della Leishmaniosi endemica in Italia sono i flebotomi (Diptera: Psychodidae) che appartengono al genere *Phlebotomus*, sottogenere *Larrousius* (Maroli e Khoury, 1998). In Italia la malattia umana è presente in due forme epidemiologiche e cliniche diverse (Gramiccia, 1997): leishmaniosi viscerale zoonotica e leishmaniosi cutanea sporadica.

Gli agenti eziologici della leishmaniosi viscerale zoonotica (LVZ) sono i ceppi viscerotropi di *L. infantum*. Il più comune serbatoio è il cane; il principale vettore è *Phlebotomus perniciosus* (Bettini et al., 1986; Maroli et al., 1988 e 1994). La LVZ è una tipica malattia rurale e periurbana, presente, in modo disomogeneo, lungo le aree della costa tirrenica, della costa del basso Adriatico, e delle isole secondo le caratteristiche biologiche dei vettori. Casi di ZVL sono riportati in molte regioni del centro-sud, ma le aree più colpite sono in Campania e in Sicilia (Ascione et al., 1996; Gramiccia, 1997).

La leishmaniosi cutanea sporadica (LCS) è causata da ceppi dermatotropi di *L. infantum*. Il cane gioca un ruolo importante nel mantenimento della LCS; i vettori responsabili della trasmissione sono *P. perniciosus* e *P. perfilievi* (Maroli et al., 1987, 1988 e 1994). La distribuzione della LCS in Italia è più o meno simile a quella

della ZVL ma le aree "storiche" sono presenti lungo la costa abruzzese e in alcune zone della Calabria (Gramiccia, 1997). L'incremento medio della temperatura atmosferica sarebbe in grado, in generale, di favorire la diffusione della LVZ e i suoi vettori nelle regioni dell'Italia settentrionale fino ad ora non toccate, ove sono stati riportati casi sporadici di leishmaniosi canina (Maroli et al.1995; Ferroglio et al. 2000), e di aumentare la sua incidenza nelle regioni ove già endemica. In Italia i flebotomi sono anche vettori di arbovirus appartenente al genere Flebovirus, famiglia Bunyaviridae (Nicoletti et al., 1996). Durante la seconda guerra mondiale, Sabin ha descritto in Italia due flebovirus antigenicamente correlati, (Sabin et al., 1944). Il segno principale dell'infezione era la febbre e perciò la malattia febbrile di leggera entità è stata denominata "febbre dei 3 giorni" o "febbre da pappataci ", trasmessa all'uomo dalla *P. papatasi* (Sabin, 1951). Dalla fine degli anni '40, questi virus non sono stati più trovati in Italia. Probabilmente la distribuzione e la densità del vettore prevalentemente endofilo, era stato ridotto drasticamente dall'impiego del DDT nelle campagne antimalariche in Italia ed in altri paesi dell'Europa meridionale (Tesh e Papaevangelolou, 1977). Negli anni '70 e '80, sono stati isolati due altri flebovirus in Italia: il virus Toscana (Verani et al., 1980), agente di infezioni acute del SNC, presente in almeno 3 regioni del centro Italia (Toscana, Marche e Abruzzo) e di cui sono state identificate più di 100 specie nel *P. perflievi* e *P. perniciosus* (Verani et al., 1995); il virus Arbia, isolato in Toscana e nelle Marche dagli stessi vettori (Verani et al., 1988) e fino ad ora non è mai stato trovato correlato a casi umani.

## **Zecche**

Le ixodidi (zecche dure) sono vettori di una grande varietà di agenti patogeni per il bestiame e per l'uomo. In Italia, le zecche di notevole importanza medica sono due: la zecca del cane (*Rhipicephalus sanguineus*) e la zecca dei boschi (*Ixodes ricinus*), la cosiddetta zecca della pecora, che popola zone di sottobosco umido e di prati erbosi di gran parte dell'Europa. *sanguineus* è ubiquitaria, presente in tutte le zone calde- temperate del mondo e ampiamente diffusa sul territorio italiano (Maroli et al., 1996). Il cane è l'ospite specifico di questa zecca che, in ogni caso, frequentemente, parassita altri animali domestici ed occasionalmente l'uomo. La *R. sanguineus* vive nelle zone urbane e periurbane. Il picco dell'attività, generalmente, si verifica nei mesi più caldi dell'anno e la zecca può vivere molto bene ad alte temperature e superare periodi di siccità. In Italia, la *R. sanguineus* è il vettore di rickettsiae, in particolare di *Rickettsia conorii*, agente della febbre bottonosa. La malattia è endemica in Italia, fatta eccezione nella Valle d'Aosta. Le regioni con una maggiore incidenza sono il Lazio, la Sardegna e la Sicilia (Maroli et al., 1996). In Italia, la *I. ricinus* è vettore del virus TBE, agente della encefalite trasmessa dalla

zecca (Verani et al., 1995) e della *Borrelia burgdorferi s.l.*, agente della malattia di Lyme. I focolai dell'encefalite da zecca sono presenti principalmente in Veneto, Toscana e Trentino (Verani et al., 1995; Ciufolini et al., 1999). Casi sporadici di malattia di Lyme sono stati riportati in varie regioni italiane, ma i centri endemici di borreliosi sono situati specialmente in Veneto, Friuli e Trentino. L'incremento medio della temperatura potrebbe avere un impatto differente sui due principali vettori ixodidi e sull'ampiezza degli agenti patogeni trasmessi. Nel caso di *R. sanguineus* e della febbre bottonosa trasmessa, un clima più caldo potrebbe, teoricamente, aumentare l'incidenza della rickettiosi nei focolai endemici e favorire la sua diffusione in nuove aree, ampliando la densità della popolazione vettore. E' ben noto che la diffusione delle zecche nelle nostre città e in ambienti domestici è aumentata negli ultimi decenni, in ogni caso, come conseguenza di diversi fattori, quali l'urbanizzazione incontrollata e l'incremento dell'abitudine di tenere animali domestici in casa. Nel caso di *I. ricinus*, il vettore della TBE e della malattia di Lyme, il solo aumento della temperatura atmosferica media potrebbe rappresentare anche in Italia un fattore sfavorevole. Infatti, mentre nei paesi dell'Italia settentrionale un clima più mite potrebbe ampliare le popolazioni del vettore ed allungare la stagione favorevole alla trasmissione di agenti patogeni (Lindgren E., Gustafson R. 2001), nei paesi più caldi potrebbe di conseguenza limitare le zone già circoscritte di endemicità e ridurre la presenza e la densità del vettore nelle regioni più meridionali.

### **Stime future**

Dal quarto rapporto di valutazione dell'IPCC, emerge una maggiore certezza dei cambiamenti previsti nell'area geografica dei vettori che dei cambiamenti nell'incidenza della malattia a causa dell'incertezza sulle tendenze nei fattori diversi dal clima che influenzano i casi umani e le morti, incluso lo stato dell'infrastruttura sanitaria pubblica. Stime future sono disponibili a livello globale per la malaria, la dengue e poche altre malattie infettive. Sfortunatamente, questi modelli spesso usano una parametrizzazione incompleta delle relazioni biologiche tra la temperatura, il vettore e il parassita, spesso esagerando le relative modifiche del rischio anche quando il rischio assoluto è ridotto.

Pochi modelli proiettano l'impatto del cambiamento climatico sulla malaria al di fuori dell'Africa. Una valutazione in Portogallo ha previsto un aumento del numero di giorni all'anno adatti alla trasmissione della malaria; in ogni caso, il rischio della attuale trasmissione sarebbe ridotto o trascurabile se i vettori infetti non fossero presenti (Casimiro et al., 2006). Per la Gran Bretagna, un incremento del rischio della trasmissione locale di malaria era stimato dall'8 fino a 15%, ma è stato

giudicato altamente improbabile che la malaria autoctona sarà ristabilita. Per quanto riguarda la dengue, un modello empirico basato sulla pressione del vapore ha previsto aumenti nell'espansione latitudinale, con una crescita della popolazione a rischio fino a 3,5 miliardi di persone entro il 2085; la popolazione a rischio è prevista essere da 5 a 6 miliardi di persone, comprendendo le proiezioni di incremento della popolazione (Hales et al., 2002). La tabella 9 mostra il potenziale delle malattie da vettore in Italia, basato sulle osservazioni e sui giudizi degli esperti.

**Tabella 9: Principali malattie da vettore e vettori che potrebbero aumentare in Italia**

Malattia	Vettore	Patogeni	Attuale situazione in Italia	Evento causa de casi	Livello di rischio <sup>8</sup>
Malaria	Zanzare anofeline	Plasmodia (principalmente <i>P. vivax</i> )	Solo casi di malaria importata. Circa 700 casi/anno, tendenza in riduzione dal 2001. Casi rari di trasfusione della malaria, malaria da importazione; 1 vivax malaria autoctona nel 1997, in Toscana	Casi importati da aree endemiche (portatori di gametociti)	BASSO Solamente aree rurali dell'Italia centro-settentrionale a rischio
Dengue	<i>Aedes albopictus</i> (zanzara tigre)	Flavivirus DEN 1, 2, 3, 4	Solamente casi importati. Circa 40 casi/anno. Tendenza in aumento.	Casi importati da aree endemiche (portatori di virus)	BASSO Aree urbane più a rischio
Dirofilariasi	<i>Aedes albopictus</i> (e altre specie di zanzare)	Dirofilaria immitis e <i>D. repens</i>	Rari casi in aree rurali.		MODERATO Aree urbane più a rischio
Malattia de Nilo Occidentale	<i>Culex pipiens</i> (e altre specie di zanzare)	Flavivirus WNV	Nel 1998, epidemie di encefalite equina in Toscana (14 casi). Nessun caso umano	Arrivo di serbatoi infetti (uccelli migratori)	ALTO In tutte le aree umide del paese
Leishmaniosi viscerale	Flebotomi ( <i>P. perniciosus</i> )	Leishmania ( <i>L. infantum</i> )	Endemica, principalmente nell'Italia centro-settentrionale. Circa 500 casi/anno. Tendenza in aumento.		ALTO Diffusione verso l'Italia Settentrionale
Virus Toscana della Meningite	Flebotomi ( <i>Phlebotomus</i> spp)	Flebovirus Toscana virus	Endemica, principalmente in Toscana e Marche. Pochi casi/anno. Tendenza in aumento.		MODERATO Virus presente nelle regioni centrali
Febbre bottonosa	Zecca Ixodide <i>R. sanguineus</i>	Rickettsiae ( <i>R. conorii</i> )	Endemica, principalmente nell'Italia centro-meridionale Circa 1.000 casi/ anno. Tendenza in diminuzione		ALTO Movimento verso l'Italia Settentrionale
Malattia di Lyme	Zecca Ixodide ( <i>Ixodes ricinus</i> )	Borreliae ( <i>B. burgdorferi</i> )	Endemica, principalmente nelle regioni nord-orientali dell'Italia. Pochi casi/anno. Tendenza in aumento.	Aumento della temperatura con precipitazioni pesanti.	MOLTO BASSO

<sup>8</sup> Il livello di rischio è un risultato di una stima qualitativa di esperti basata sulla probabilità, area e popolazione interessata e violenza potenziale dell'impatto (individuabile, curabile)

<b>Enecefalite trasmessa dalle zecche</b>	Zecche Ixodidi <i>(Ixodes ricinus)</i>	<b>Flavivirus TBE</b>	<b>Endemica, principalmente nelle regioni nord-orientali dell'Italia. &lt;10 casi/anno. Tendenza in aumento</b>		MOLTO BASSO
---	--	---------------------------	---	--	-------------

## 4.6 Sicurezza alimentare

- I rischi di crescita di funghi e l'attacco da parte degli insetti dipendono dal clima.
- Si hanno sospetti di effetti della temperatura sulle infezioni alimentari (p.e. salmonella), ma mancano le prove in Italia.

Le malattie trasmesse dal cibo sono definite come qualsiasi malattia contagiosa o di natura tossica causata dal consumo di cibo o acqua, perciò strettamente legata alla sicurezza alimentare. Le malattie trasmesse dal cibo possono essere legate a rischio estrinseco (chimico o biologico) o intrinseco, come nel caso delle tossine naturali o di fattori antinutrizionali. In ogni caso, nel presente

capitolo, l'attenzione è posta solamente su quelle malattie relative al cibo, poiché quelle legate all'acqua sono trattate separatamente nel capitolo 4.7.

Molte delle questioni in essere sulla sicurezza alimentare sono legate direttamente o indirettamente al clima, parametri quali la siccità, e la secchezza del suolo, la temperatura, l'ozono, le precipitazioni e il relativo livello delle falde sotterranee che giocano un ruolo sulla portata dei rischi. Le condizioni climatiche previste in Italia dato che causeranno, probabilmente, modifiche di questi parametri, rappresentano una fonte potenziale di emersione/riemersione di nuovi rischi. Sfortunatamente l'influenza dei parametri climatici sulle questioni in oggetto è molto complessa e peculiare per ciascuna area geografica. Il cambiamento climatico può riguardare la quantità, la qualità e la salute alimentare in vari modi: l'influenza nel sistema di fornitura alimentare mondiale, le influenze del cambiamento climatico sulla sicurezza alimentare, come cambiamenti della contaminazione con virus, batteri, sostanze chimiche e funghi e attraverso una influenza diretta della variabilità climatica sulle malattie trasmesse dal cibo.

### **Impatti del cambiamento climatico sulla quantità del cibo**

Prima di tutto, il cambiamento climatico può interessare la quantità del cibo. Nelle regioni temperate, aumenti locali moderati fino a medi della temperatura (da 1 a 3°C), unitamente all'incremento associato di CO<sub>2</sub> e le modifiche delle precipitazioni, possono avere impatti benefici modesti sulle colture, compresi il grano, mais e riso. Riscaldamento e aumento della frequenza delle ondate di calore e siccità nel Mediterraneo, pascoli semiaridi e aridi ridurranno la produttività del bestiame. Continueranno le modifiche regionali della distribuzione e della produttività di specie ittiche particolari e si verificheranno estinzioni locali al margine di distribuzione, in particolare nell'acqua dolce per specie diadrome (p.e. salmone, storione). In alcuni casi aumenterà la distribuzione e la produttività. In secondo luogo, i cambiamenti

climatici possono avere un impatto sostanziale sulla sicurezza alimentare in Italia nonché in altre parti del pianeta, tra le altre cose, attraverso l'influenza della contaminazione chimica e biologica. L'IPCC asserisce che si osserva e, si prevede che aumenti, un'estensione delle malattie e degli insetti infestanti, che prima si trovavano a latitudini più basse, verso il polo. Non si conosce la portata dell'effetto generale, ma è probabile che sia altamente regionalizzata. Il cibo può essere contaminato da agenti chimici e biologici e alcune delle contaminazioni biologiche sono evidenziate di seguito.

Per esempio funghi e micotossine possono contaminare le piante. I funghi filamentosi microscopici possono svilupparsi su una grande varietà di piante e possono condurre alla produzione di sostanze chimiche altamente tossiche, comunemente indicate come micotossine. Le micotossine più estese e studiate sono metaboliti di alcuni generi di muffa quali *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*. La contaminazione dei funghi può verificarsi in quasi tutti gli stadi della catena alimentare (raccolto, deposito e trasporto). La colonizzazione e diffusione dei funghi sono spinte da condizioni ambientali e componenti nutrizionali (Magan, N. et al., 2003), nonché da altri fattori quali attacchi di insetti o di infestanti. Condizioni alquanto peculiari influenzano la biosintesi della micotossina quali il clima e l'ubicazione geografica delle piante coltivate, le pratiche di coltivazione, il deposito ed il tipo di substrato (Brera et al., 2004).

L'effetto del cambiamento climatico sulla colonizzazione dei funghi e sulla produzione di micotossine dovrebbe essere valutata caso per caso, poiché ciascuna specie di funghi ha le proprie condizioni di temperatura ottimale e di attività idrica per la crescita e la formazione di metaboliti tossici. Questi dipendono anche dalla pianta ospite. Non è stato pubblicato, sinora, uno studio sistematico sull'influenza dei cambiamenti climatici previsti in Italia sui funghi micotossigenici. Possono, perciò, essere formulate solo previsioni, principalmente sulla base della conoscenza di condizioni ambientali chiave che toccano la produzione dei principali funghi/tossine. Un aumento nella contaminazione da *A. flavus* potrebbe essere particolarmente rilevante per il mais, la principale coltura in Italia colpita da queste tossine. Infatti nel 2003, è stata registrata, per l'alta temperatura e l'estrema siccità, un picco eccezionale della contaminazione da aflatoossina nel mais. Tonnellate di mais sono state distrutte per un livello inaccettabile delle tossine nel cibo e nei foraggi. L'impatto sulla salute umana e animale è stato minimizzato per il rapido sistema di allarme delle autorità di controllo. L'optimum per la formazione delle tossine è 15-30 °C; la produzione di fumonisine è stata associata al tempo



secco - durante il periodo di riempimento della granella - e le piogge di fine stagione (Munkvold & Desjardins, 1997), perciò la produzione delle tossine è favorita dal cambiamento climatico atteso in Italia. Le specie di penicilline sono associate più frequentemente all'immagazzinamento, quindi le condizioni climatiche estreme non influenzano direttamente la loro comparsa e la formazione delle relative tossine.

L'influenza dell'attacco di insetti sulla contaminazione da micotossine è relativo e dipende da numerosi parametri quali il livello necessario di inoculo (a fronte dell'inoculo trasmesso dall'aria), la capacità dei funghi di attaccarsi per conto proprio nelle altre condizioni, le caratteristiche della popolazione degli insetti e delle piante, compreso il suo stress e la resistenza (Dowd et al., 1992). Per quanto riguarda gli insetti infestanti delle derrate, la loro respirazione può aumentare le condizioni di umidità che possono favorire la crescita dei funghi (Magan, M & Olsen, 2004). Esempi contrari sono riportati sulla capacità dell'insetto di proteggere le piante dall'attacco dei funghi (Dowd et al., 1992). Il cambiamento climatico può influenzare l'attacco degli insetti alle piante, influenzando la loro capacità svernare, la loro distribuzione sulle terre coltivate e le varietà di insetti come discusso nei capitoli precedenti. Sono forniti pochi esempi di interrelazione tra funghi/micotossine e attacco degli insetti sulle piante agricole. Nelle mandorle e i pistacchi, l'alta contaminazione da aflatossine è associata al danno derivante dalle larve del verme delle arance navel, mentre alti livelli di aflatossine nel mais sono quasi sempre associate a lesioni fatte da insetti, in modo particolare dal verme del grano europeo, *Ostrinia nubilalis* (piralide del mais) (Widstrom, 1996).

### **Impatti del cambiamento climatico sulle malattie trasmesse dal cibo**

Sono stati intrapresi studi epidemiologici all'interno dello studio cCASHh (Climate Change and Adaptation Strategies for Human Health in Europe: Cambiamento climatico e strategie di adattamento per la salute umana in Europa) per descrivere e quantificare l'effetto della temperatura ambientale sulle malattie trasmesse dal cibo. Dati provenienti dai sistemi di sorveglianza di laboratorio hanno confermato che vi erano casi di salmonella da diversi paesi europei (l'Italia non ha partecipato). In generale, casi di salmonella aumentano del 5-10% per l'aumento di ogni grado nelle temperature settimanali, per temperature al di sopra di 5 gradi circa. L'effetto della temperatura è più evidente nella settimana precedente alla malattia, mostrando che la preparazione inadeguata del cibo e l'immagazzinamento nel momento del consumo sono più importanti. I tassi di salmonellosi stanno calando nella maggior parte dei paesi in Europa, e tassi di campilobatteriosi stanno in

generale diminuendo. Non vi erano buone evidenze di un ruolo importante della temperatura nella trasmissione della campilobatteriosi (Kovats, R S, 2003, Kovats, R. S. et al., 2004).

## 4.7 Qualità delle acque e salute

- Le epidemie di malattie trasmesse dall'acqua possono verificarsi per intense precipitazioni o siccità attraverso la contaminazione delle acque costiere, balneari o di superficie.
- Vi è anche una relazione diretta tra alcune malattie diarroiche durante le stagioni della primavera e dell'estate.
- La fioritura algale e cianobatteri tossici, sono potenzialmente associati a cambiamenti climatici. Vi è una potenzialità, per questi, di crescere in futuro.

Il cambiamento e la variabilità del clima possono influenzare la disponibilità e la qualità dell'acqua, con diverse conseguenze per la salute umana. Si distinguono le malattie trasmesse direttamente dall'acqua e quelle trasmesse dal cibo. Quest'ultime tuttavia dipendono a loro volta anche dalla qualità dell'acqua con cui la catena alimentare viene a contatto (prodotti ittici, agricoli, etc.). In ogni caso, le malattie veicolate dagli alimenti sono affrontate nel capitolo precedente. Una seconda categoria sono le malattie *water-washed diseases* (N.d.T. infezioni correlate alla diffusione di microrganismi comunemente presenti sulla

cute e sulle mucose), che comprendono le malattie infettive trasmesse attraverso la balneazione (si veda anche il capitolo 3.1) nonché le malattie legate all'igiene, trasmesse attraverso il contatto, diretto o indiretto, con escrementi umani. Esse si risolvono in infezioni e infestazioni, reazioni dermatologiche e altre reazioni. Una terza categoria sono gli incidenti legati all'acqua quali l'annegamento, le ferite e gli infortuni. Vi sono quattro aspetti in esame:

- il ruolo delle precipitazioni (piovosità intensa o siccità) nel facilitare le epidemie di malattie trasmesse dall'acqua sia attraverso la rete idrica, sia tramite l'acqua di superficie;
- gli effetti della temperatura e degli scarichi sulla contaminazione microbiologica delle acque costiere, balneari o di superficie;
- effetti diretti della temperatura sui disturbi gastrointestinali;
- stress idrico e misure di riutilizzo delle acque di scarico.

Nell'acqua contaminata si trovano più di 100 tipi di batteri, virus e protozoi patogeni. Molti di questi sono implicati in una varietà di malattie trasmesse

dall'acqua o dal cibo. Cambiamenti nelle precipitazioni, pH, temperatura dell'acqua, CO<sub>2</sub> dissolta nel vento e salinità possono influenzare fortemente la sopravvivenza o il comportamento degli organismi marini. La connessione acqua-cibo è evidente, poiché gli agenti microbici possono contaminare persone, per contatto diretto o per consumo di frutti di mare o di frutta e verdura freschi contaminati attraverso le acque irrigue (Tauxe, 1997). Ovunque nel mondo, si riconosce che pesce e frutti di mare provenienti da acque contaminate costituiscono le maggiori fonti di malattie trasmesse dal cibo. Per molte malattie batteriche o virali, vi è una chiara tendenza stagionale nell'individuazione o nell'isolamento di un patogeno con la prevalenza di una malattia.

### **Malattie batteriche trasmesse da cibo e acqua**

Tra i batteri marini, la presenza del *Vibrio* spp patogeno, compreso *V.cholerae*, mostra una chiara tendenza stagionale nell'ambiente, ove alte concentrazioni di batteri possono essere osservate per temperature alte dell'acqua e per fioritura di zooplancton. Fattori abiotici influenzano e sono influenzati dall'ambiente biotico. La luce del sole, la temperatura e i nutrienti toccano le piante ed il fitoplancton, modificando O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> dissolti e quindi il pH dell'acqua, influenzando, di conseguenza, la popolazione di batteri, compresi i vibrio. Il *Vibrio cholerae*, responsabile delle epidemie di colera nel mondo, è stato trovato nel plancton e nei pesci nelle acque delle paludi e delle coste di aree pandemiche (Colwell, 1996). Anche in Italia, si sono verificate epidemie di colera nel 1973 in Puglia e a Napoli, nel 1979 in Sardegna e, di nuovo, in Puglia nel 1994. Ad oggi, sono stati registrati circa 200 serogruppi di *Vibrio cholerae*, di cui solo due (O1 e O139) sono stati associati alle maggiori epidemie. Mentre le specie ambientali e cliniche ora sono note rappresentare una singola specie, vi è una significativa diversità genetica tra tipi di *Vibrio cholerae* ambientali e non-O1, non-O139. In ogni caso, qualche evidenza suggerisce che sia O139 e sia il tipo clinico O1 possono essere derivati per una modifica genetica con i tipi non-O1 (Lipp, Huq & Colwell, 2002). Le specie tossigeniche possono derivare da progenitori ambientali non tossigenici nelle aree costiere (Chakraborty et al., 2000). Alla maggior parte delle specie di *Vibrio cholerae*, specialmente a quelle provenienti dall'ambiente, mancano i geni necessari a produrre la tossina del colera, ma la modifica genetica dell'ambiente consente la nascita potenziale dei nuovi cloni tossigenici. Sebbene siano necessari ulteriori studi, appare che i fattori ambientali stagionali possono influenzare l'acquisizione di geni di virulenza di un livello significativo (Lipp, Huq & Colwell, 2002).

Il *Vibrio parahaemolyticus* e il *Vibrio vulnificus* sono responsabili della maggioranza delle infezioni non virali relative al consumo di frutti di mare negli Stati Uniti,

Giappone e Asia sudorientale (Wittman & Flick, 1995), sebbene esse si verificano occasionalmente in altre parti del mondo. Il numero di casi verificatisi in Europa, ad oggi, è estremamente basso, ma recentemente è stata registrata un'ampia epidemia (64 casi), causata dal consumo di frutti di mare contaminati dal *V. parahaemolyticus* verificatosi in Galizia, Spagna (Lozano-Leon et al., 2003). È noto che il *Vibrio* patogeno, quale il *V. parahaemolyticus* e *V. vulnificus* si trovano nelle acque degli estuari di tutto il mondo e sono presenti in una varietà di frutti di mare (Crocì et al., 2001, de Sousa et al., 2004, DePaola et al., 1990, DePaola et al., 2003) e fanno parte della flora naturale di zooplancton e pesce costiero e crostacei. Il loro numero dipende dalla salinità e temperatura dell'acqua e non possono essere rinvenuti in acqua con temperatura inferiore ai 15°C. Questi microrganismi vengono individuati anche in tutte le coste del Mediterraneo, Mancianò et al. (2000) hanno riportato uno studio condotto su campioni naturali marini (acqua di mare e crostacei) dalla costa della Spagna, tra 284 specie isolate, 14 (il 5%) erano identificate come *V. parahaemolyticus*. In Italia, diversi studi riportano l'isolamento di vibrio patogeni da acqua di mare e crostacei (Barbieri E et al., 1999) (Crocì et al., 2007, Ripabelli, Sammarco & Grasso, 1999). Con la possibilità di acquisizione del gene della virulenza da specie ambientali e con un cambiamento climatico, l'estensione geografica di questi patogeni può anche mutare, risolvendosi potenzialmente in un aumento dell'esposizione e del rischio di infezioni per gli umani. Inoltre, cambiamenti nelle popolazioni del plancton e altri ospiti per cui i vibrio sono commensali o simbiotici altererebbero analogamente la loro ecologia. Inoltre, l'aumento del commercio internazionale e l'incremento del consumo di crostacei crudi, unitamente ad una crescita del numero delle persone suscettibili, con modifiche del clima che possono favorire la sopravvivenza di questi microrganismi, stanno causando preoccupazioni in merito alla possibilità che il numero di infezioni dovute a vibrio patogeni aumentino in Europa e anche in Italia.

### **Malattie virali trasmesse da acqua e cibo**

I virus sono abbondanti nei sistemi marini e sopravvivono più a lungo nell'acqua di mare e nei processi di trattamento delle acque di scarico rispetto ai batteri (Gerba & Goyal, 1988). Perciò, la contaminazione di acque marine con virus è stata e continuerà ad essere una questione importante per la sanità pubblica. La propagazione di malattie virali attraverso la balneazione e l'ingestione di crostacei contaminati costituisce una preoccupazione primaria per la salute. I crostacei sono noti come importante fonte di cibo per gli umani, ma sono anche riconosciuti causa potenziale delle infezioni alimentari, in modo particolare quando sono consumati crudi o parzialmente cotti (Lees, 2000, Lipp & Rose, 1997, Potasman, Paz & Odeh, 2002). Infatti, i crostacei bivalve sono animali filter-feeding che possono filtrare,

ogni giorno, diversi litri di acqua di mare e, se nell'acqua sono presenti microorganismi patogeni, i patogeni possono accumularsi a livelli considerevoli (Burkhardt & Calci, 2000, Metcalf et al., 1979, Rippey, 1994). Secondo il Regolamento Europeo 2003/2005, solo la presenza di salmonella ed il numero di Escherichia coli sono utilizzati di solito per saggiare la qualità microbiologica dei molluschi bivalve vivi. In ogni caso, è noto che i batteri non sono indicatori affidabili della contaminazione virale nei crostacei (Croci et al., 2000, Lees, 2000), poiché virus enterici sono generalmente più resistenti alla inattivazione in fonti di acqua e sono rimossi più lentamente dai bivalve attraverso processi di depurazione (Croci et al., 1992, De Medici et al., 2001, Schwab et al., 1998)

Un ampio numero di epidemie associate a crostacei, sono state attribuite a virus enterici, in modo particolare al Norovirus (NoV) (Hamano et al., 2005, Koopmans, M. & Duizer, 2004a, Prato et al., 2004a, Sugieda, Nakajima & Nakajima, 1996) e al virus dell'epatite A (HAV), che hanno causato epidemie in molti paesi quali gli Stati Uniti, la Cina e la Spagna (Boccia, D. & Working Group, 2004, Chironna et al., 2003, Chironna et al., 2004, Potasman, Paz & Odeh, 2002, Sanchez et al., 2002). In Europa le infezioni da NoV sono tra le più importanti cause di gastroenterite negli adulti. Nei Paesi Bassi, approssimativamente l'80% degli attacchi di gastroenteriti riportati ai servizi sanitari comunali sono causati dal NoV. In Gran Bretagna, è stato stimato che una parte sostanziale delle infezioni alimentari possono essere causate da NoV (Koopmans, M. & Duizer, 2004b). Il NoV è stato a lungo riconosciuto come causa di gastroenterite relativamente lieve, spesso vi si fa riferimento come "patologia del vomito invernale". Un'ispezione svolta in Inghilterra e Galles, dal 1995 al 2002, modifica tale visione, mostrando un picco nel periodo estivo delle notizie di NoV nel 2002 (Lopman et al., 2003).

In Italia, i dati del Sistema Epidemiologico Integrato dell'Epatite Virale Acuta (a cui si fa riferimento come "SEIEVA") mostrano un basso tasso di incidenza annuale (circa 5 per 100.000 abitanti) di casi di epatite A ed uno spostamento dell'età media dell'infezione verso l'età adulta, quando la malattia clinica è più frequente e più seria. Allora il paese è considerato a bassa endemicità (Mele et al., 1997), in ogni caso il sistema di notifica obbligatoria suggerisce che il modello epidemiologico non è omogeneo nel paese: nell'Italia meridionale, in particolare in Campania e Puglia, l'infezione HAV (epatite virale acuta) ancora mostra un livello intermedio di endemicità con tassi di incidenza annuale fino a 30/100.000 (Germinario et al., 2000). I tassi di seroprevalenza tra adolescenti sono ancora del 40% nei giovani di 18 anni e più del 30% tra quelli di 20-30 anni in questa parte del paese, mentre nell'Italia settentrionale è rapidamente diminuito in questi ultimi anni vicino al 10%

Una ampia percentuale (60-65%) dei nuovi casi riportati ogni anno sono correlati al consumo di molluschi bivalve (<http://www.iss.it/engl/goal/seie/index.html>).

Coerentemente con questo, l'Italia meridionale ha anche sperimentato un attacco di Epatite A con un modello molto simile: l'ultimo episodio riportato è durato oltre due anni e ha causato rispettivamente 5.673 casi nel 1996 e 5.382 nel 1997 in Puglia, incidendo sul tasso annuale rispettivamente di 138 e 132 casi per 100.000. Secondo i due studi di controllo dei casi implementati, quest' ampia epidemia è stata causata dal consumo di frutti di mare crudi (o cotti in modo inadeguato) e sostenuta nel tempo dalla trasmissione di persona in persona. Consumare frutti di mare costituisce un'abitudine alimentare piuttosto comune in questa parte d'Italia, ove sono mangiati tradizionalmente crudi o poco cotti. Nel 2004, si è verificato un ampio attacco di epatite A in Campania, una regione dell'Italia meridionale, con 882 casi riportati dal 1 gennaio fino al 1 agosto. E' stato condotto uno studio di controllo del caso tra residenti e un'indagine microbiologica nei sieri dei pazienti e mitili venduti nell'area. Sia lo studio analitico che l'indagine microbiologica hanno identificato i frutti di mare come la fonte di infezione più importante (Boccia, D. et al., 2005).

In riferimento alla gastroenterite causata dal norovirus (NoV) in Italia, la reale incidenza di questo tipo di patologia non è nota, per la mancanza di un Sistema di Sorveglianza. La prima epidemia riportata di gastroenterite da norovirus si è verificata nel luglio 2000 in un resort per turisti nel golfo di Taranto, nell'Italia meridionale. La malattia in 344 persone, di cui 69 erano membri del personale, ha soddisfatto la definizione del caso. E' stato trovato un virus simile al Norwalk (NLV) in 22 dei 28 campioni di feci testate. La fonte della malattia è stata, probabilmente, acqua potabile contaminata poiché una ispezione ambientale ha identificato un guasto nel sistema idrico del resort e campioni di acqua del rubinetto erano contaminati con batteri fecali (Boccia, D et al., 2002). Nel dicembre 2002, diversi cluster di casi di gastroenterite da norovirus sono stati riportati in parti differenti della Francia e dell'Italia. Indagini epidemiologiche hanno colto rapidamente un'implicazione delle ostriche nel sud della Francia (Parnaudeau et al., 2004). Nell'aprile 2002, un attacco di gastroenterite da NoV, che ha riguardato 103 persone, verificatosi nella provincia di Bari (Italia sudorientale) è stato legato al consumo di frutti di mare (Prato et al., 2004b).

Sono stati pubblicati diversi studi sull'incidenza della contaminazione virale su frutti di mare venduti in diverse parti di Italia o raccolti dalla costa adriatica. Uno studio condotto su 180 mitili raccolti dai mercati di cinque grandi città dell'Italia

meridionale, ove è riportata ogni anno una grande incidenza di infezione da HA (epatite acuta), si è conclusa con il 15,6% dei campioni che era contaminato da HAV contagiosa (Croci & Suffredini, 2003). L'incidenza e la circolazione di diversi tipi di epatite A e Norovirus nei frutti di mare sono stati studiati su 235 campioni degli stessi, ottenuti da differenti sedi, che rappresentano le aree di produzioni dei frutti di mare del mar Adriatico settentrionale e analizzati dopo la depurazione. La contaminazione virale era presente in media nel 22% dei campioni: in modo particolare, il 6% dei campioni testati positivi per l'HAV, il 14% per il NoV ed il 2% per entrambi i virus. Nessuno dei campioni ha rivelato la presenza di salmonella, e nella maggioranza di essi (93%), il numero di E. coli era inferiore al limite previsto dalla legislazione europea di 230 MPN/100g (Croci et al., 2007).

Le variabili climatiche chiave, in particolare le precipitazioni e la temperatura, hanno effetti diretti ed indiretti (i temporali possono aumentare il trasporto dalle fonti fecali e di acqua di scarico) anche sui virus enterici. Il deflusso derivante dalla piovosità costituisce anche un fattore chiave nella contaminazione di acqua costiere e di conseguenza le aree di raccolta dei frutti di mare. La temperatura e le radiazioni ultraviolette sono le più dannose per la stabilità e la funzione di particelle di virus, mentre è stato trovato che la salinità ha un effetto diretto sulla sopravvivenza del virus (Wetz et al., 2004).

### **Cianobatteri tossici e cianobatteri**

I cianobatteri hanno un alto livello di adattabilità evolutiva, che è in parte facilitata dai brevi cicli di vita. Anche un ampio numero di specie hanno la capacità di formare acineti che sono uno stadio di resistenza che può tollerare una grande quantità di variazioni ambientali e rimane vitale per periodi anche più lunghi rispetto a 60 anni (Livingstone & Jaworski, 1980). Un numero di meccanismi può facilitare i loro movimenti: inondazioni di larga scala possono condurre gli organismi verso nuovi luoghi, gli uccelli di acqua possono essere vettori, ed anche in condizioni molto secche, la schiuma essiccata può essere nebulizzata dal vento e trasportata, così è improbabile che la mancanza di migrazione limiterà la distribuzione di cianobatteri, se le condizioni climatiche si concludono in spostamenti delle abitudini (Garnett et al., 2003).

Una possibile relazione tra la salute umana e l'aumento della temperatura mediato dai cianobatteri è l'aumento della frequenza delle loro fioriture (Hunter, 2003). Infatti, la maggior parte delle fioriture di cianobatteri si verifica durante la stagione estiva (Jacoby et al., 2000, Maier & Dandy, 1997, Saker & Griffiths, 2001).



La *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya e Subba Raja, una specie di origine (sub)tropicale, è un cianobatterio che si trova principalmente nelle acque dolci. Appartiene all'ordine delle Nostocales, è filamentosa con una lunghezza variabile ed una larghezza di 1-5 mm. Le estremità dei suoi trichomes sono appuntite, per la forma delle eterocisti terminali (Shafik, 2001). Per la senescenza o gli stress ambientali (quali shock termico o processi di purificazione dell'acqua), il *C. raciborskii* rilascia una tossina, cilindrospermosina; ma può anche produrre saxitossina (Pomati et al., 2004). La Cilindrospermosina è epatotossica ma può anche colpire reni, timo e cuore. Alla fine, questa ha mostrato alcune proprietà genotossiche negli studi in vitro (Rao et al., 2002). In Italia, sono state osservate fioriture massive di *C. raciborskii* per la prima volta nell'estate (da giugno a settembre) 1995, nei laghi di Albano e Trasimeno, quindi nel 2002 nel lago di Albano e alla fine nel 2003 nel lago di Cedrino; sfortunatamente, non sono state eseguite analisi di tossicità. La sua comparsa è stata osservata negli stessi tre laghi italiani nel 2004. In questo studio, l'analisi sul fitoplancton ha rivelato che la densità massima del *C. raciborskii* nel lago di Albano (luglio 2004) era  $6 \times 10^6$  cell/L, nel lago Trasimeno (settembre 2004) era  $9 \times 10^6$  cell/L, nel lago di Cedrino (ottobre 2004) era  $81 \times 10^6$  cell/L. L'analisi chimica ha rivelato una concentrazione di cilindrospermosina di 15 e 0.46 ng ml<sup>-1</sup>, rispettivamente, nei laghi di Albano e Trasimeno, laddove nessuna tossina è stata trovata nel lago di Cedrino. La densità massima di *C. raciborskii* è stata rinvenuta nel lago di Cedrino, tuttavia la concentrazione massima di tossina è stata registrata nel lago di Albano: questo dimostra che le popolazioni selvatiche di specie di cianobatteri non producono necessariamente o sempre la tossina (Manti et al., 2005). Per questa tossina è stata trovata una LD50 (i.p.) di 2,1 mg/kg in 24 ore nei topi (Ohtani, More & Runnegar, 1992).

La *C. raciborskii* è una specie altamente adattabile, in grado di invadere le latitudini medie. Vi sono tre possibili spiegazioni per la recente espansione di questo cianobatterio verso le latitudini settentrionali. Primo, alcune specie di *C. raciborskii*, adattate al clima temperato, possono essere state selezionate durante il movimento verso nord. Secondo, l'alta tolleranza fisiologica di questa specie può consentire loro di crescere in un'ampia gamma di condizioni, dai climi tropicali a quelli temperati. Terzo, modifiche del clima (riscaldamento globale) possono, ora, permettere alle specie originariamente tropicali di svilupparsi a latitudini medie durante il periodo estivo (Briand et al., 2004).

L'aumento della temperatura dell'acqua nei laghi temperati, che rappresenta la terza ipotesi, sembra costituire, perciò, il fattore chiave nell'area di crescita in espansione della *C. raciborskii*. Il riscaldamento globale è attualmente un fenomeno



riconosciuto con conseguenze biologiche, compresi gli effetti nella fisiologia, distribuzione e adattamento delle specie (Hughes, 2000). Nei corpi idrici dell'Europa, i cambiamenti climatici sono legati alla North Atlantic Oscillation (NAO) (North Atlantic Oscillation N.d.T. un fenomeno climatico che si verifica nell'Atlantico settentrionale), ed in particolare vi sono correlazioni tra le temperature dell'acqua di superficie e NAO (Straile et al., 2003). L'influenza della NAO sulle temperature dei laghi, in modo particolare in inverno e all'inizio della primavera, potrebbe essere più significativo (Anneville et al., 2002, Livingston & Dokulil, 2001, Scheffer et al., 2001, Straile et al., 2003). Questo riscaldamento dell'acqua in primavera potrebbe essere legato alla nascita potenziale del *C. raciborskii akinetes*, che appare giocare un ruolo chiave nei paesi con clima temperato. Essi consentono a questo cianobatterio di sopravvivere nei mesi freddi e di germinare quando la temperatura dell'acqua o il sedimento raggiungono i 22-23°C (Padisak, 1997). Un aumento delle temperature primaverili potrebbe indurre germinazione e crescita in modo anticipato nella stagione, conferendo un vantaggio competitivo sulla popolazione di fitoplancton legati alla temperatura estiva (Istvánovics et al., 2002).

Un nuovo studio (Gugger et al., 2005) suggerisce che la recente invasione dell'Europa e dell'America settentrionale e centrale da parte del *C. raciborskii* non è derivata dai recenti eventi di colonizzazione da isolati africani o australiani come proposto da Padisak (1997). In vista della storia dei cambiamenti climatici della terra e della prova biogeografia per diversi specie di piante e animali (Mayr & Ohara, 1986, Stuart, 1991), sembra possibile proporre la seguente ipotesi. Le glaciazioni multiple o le condizioni climatiche secche, durante l'era del Pleistocene, potrebbero aver condotto all'estinzione del *Cilindrospermopsis*, nella maggior parte delle aree di distribuzione geografica e hanno consentito a questa di sopravvivere solo in aree rifugio calde in ciascun continente. Di recente, l'aumento della temperatura ha consentito la colonizzazione di sempre maggiori aree settentrionali da queste aree di rifugio calde nei continenti europeo e americano. Tale ipotesi concorda con altri studi ecofisiologici che mostrano che le condizioni ottimali per la crescita di isolati europei sono le stesse di quelli tropicali (Briand et al., 2004, Briand et al., 2002). Di qui, queste specie europee potrebbero aver avuto origine in un'area calda localizzata nel continente eurasiatico.

I pochi casi di epidemie sono stati pubblicati in Italia allo scopo di correlare le malattie infettive all'acqua e sono principalmente legati ad agenti microbiologici e chimici nonché all'avvelenamento prodotto da punture di medusa. Si possono incontrare Cnidari durante le attività balneari negli ambienti costieri. Le meduse sono cnidari pelagici che si trovano in tutto il mondo, ma negli ultimi decenni, si

stanno verificando nuove fioriture di meduse in risposta agli effetti cumulativi dell'impatto umano. La patogenesi delle punture degli cnidari dipende da molti fattori che influenzano la variabilità delle reazioni.

**Tabella 10: Principali rischi derivanti dalle modifiche nella qualità dell'acqua e del cibo in Italia**

Malattia	Patogeni	Attuale situazione in Italia	Sensibilità al clima	Mezzo	Livello di rischio <sup>9</sup>
Epatite	Epatite A	L'epatite A è endemica in Italia, con circa 3 casi per 100.000 abitanti.  Epidemie legate all'acqua si verificano regolarmente: nel periodo 1998-2005 si sono verificati 33 epidemie derivanti da frutti di mare e dal consumo di acqua potabile	Moderata	Cibo: frutti di mare infetti e acqua	Alto
Malattie diarroiche	Salmonella	La salmonella è endemica. E' stata ridotta da 41/100.000 nel 1992 a 6/100.000 nel 2005. Si verificano epidemie regolari. Uno studio epidemiologico dal 1998 al 2005 ha identificato 63 casi originati dal consumo di acqua potabile e 232 casi dal consumo di frutti di mare	Alto	Cibo , acqua potabile e frutti di mare infetti	Alto, dipende dal comportamento e dalle pratiche e processi alimentari
Malattie diarroiche	Campilobatt erio	Si verificano epidemie	Basso	Frutti di mare	Moderato
Malattie diarroiche	Criptosporid io	Si verificano epidemie	Alto	Acqua potabile	Moderato
Malattie diarroiche	V.colera	Si sono verificati delle epidemie nel passato	Moderato	Acqua, cibo, in particolare frutti di mare	Basso
Intossicazi one acuta	Vibrio paraemolitic o	Si verificano epidemie	Moderato	Consumo di frutti di mare	Moderato
Malattie sistemich e	Leptospira	Si verificano epidemie ogni anno	Alto, quando legato ad episodi di precipitazioni estreme	Acqua	Moderato
Reazioni allergiche	Aspergillus, Penicillium e Fusarium.		Moderato?		

<sup>9</sup> Il livello di rischio è un risultato di una stima qualitativa di esperti, basata su probabilità, area e popolazione interessata e la potenziale violenza dell'impatto (distinguibile, curabile).

Intossicazioni acute	Micotossine		Moderato?		
Intossicazione	Cianobatteri	Aumento del numero delle specie; pochi casi attribuibili all'uomo	Alto; temperatura dell'acqua	Acqua potabile e balneare, pesci di acqua dolce	Moderato
Reazioni cutanee, sistemiche e sindrome di Guillain Barre	<i>Pelagia noctiluca</i>	Fioritura negli anni'80 Relazione sull'avvelenamento da medusa nel Mar Mediterraneo.	Alto; temperatura dell'acqua del mare e alterazioni degli ecosistemi	Acque balneari	Basso
<b>Reazione cutanea</b>	<b><i>Chrysaora hysoscella</i></b>	<b>Sono state osservate fioriture costiere primaverili di <i>C. hysoscella</i> nel 1989.</b>	<b>Moderato</b>	<b>Acque balneari</b>	Basso

# **5 Attuali Strategie per ridurre gli impatti sull'ambiente e sulla salute da cambiamenti e variabilità del clima**

di

**Bettina Menne, e  
Domenico Gaudioso, Angiolo Martinelli, Paola Michelozzi,  
Luciana Sinisi, Tanja Wolf**

## **5 Attuali strategie per ridurre gli impatti sull'ambiente e sulla salute da cambiamenti e variabilità del clima**

### **5.1 Introduzione**

I principi sanciti nella Ethical Practice of Public Health (Thomas, 2002) iniziano con un'affermazione che indirettamente rivolge l'attenzione ai cambiamenti climatici: "La salute pubblica dovrebbe prestare attenzione principalmente alle cause fondamentali delle malattie e alle regole del vivere sano, per prevenire conseguenze negative sulla salute stessa". E' perciò, compito fondamentale della sanità pubblica di trattare le cause e gli effetti del cambiamento climatico. La mitigazione e l'adattamento sono due misure che si possono attuare per ridurre gli impatti che i cambiamenti climatici hanno sulla nostra salute. Precisamente la mitigazione comprende le azioni per la riduzione dei gas serra, l'adattamento è rivolta alla riduzione o limitazione degli impatti. Mitigazione ed adattamento prevedono l'impegno di molti settori anche non strettamente sanitari quali ad esempio, rispettivamente, le politiche energetiche e produttive e le politiche di tutela ambientale e del territorio.

In Sanità pubblica, la prevenzione primaria mira a prevenire l'insorgenza di una malattia o di una lesione: l'immunizzazione, i tentativi per superare la dipendenza da nicotina e l'uso di caschi per i ciclisti sono solo alcuni dei possibili esempi di prevenzione. La prevenzione secondaria mira a diagnosticare tempestivamente le malattie per monitorarne i progressi e ridurre gli effetti sulla salute: fra gli esempi in ambito medico, il monitoraggio dell'ipertensione, dell'iperlipidemia e del cancro al seno. La prevenzione terziaria avviene una volta diagnosticata la malattia; mira a ridurre lo stato di quest'ultima, ad evitare le complicanze e a recuperare le funzioni compromesse.

L'approccio ai cambiamenti climatici presenta chiare analogie. La prevenzione primaria corrisponde alla mitigazione – ossia agli sforzi per rallentare, stabilizzare o invertire i cambiamenti climatici riducendo le emissioni di gas serra. Sebbene in Italia siano state prese alcune misure per ridurre i gas serra (mitigazione), esse sono ancora insufficienti. Il recente quarto rapporto di valutazione dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) indica chiaramente che i costi per

mitigare i gas serra possono essere controbilanciati dai benefici per la salute che si possono avere attraverso la riduzione dell'inquinamento atmosferico. Integrando l'abbattimento dell'inquinamento atmosferico con le politiche per la mitigazione dei cambiamenti climatici, i costi si riducono notevolmente e sensibilmente rispetto alla gestione separata di tali politiche. Tentativi di mitigazione si verificano in settori diversi da quelli della salute, quali l'energia, i trasporti e l'architettura, anche se le scienze mediche possono contribuire con informazioni molto utili. Attualmente esistono e sono facilmente reperibili misure per ridurre le emissioni dei gas serra anche se esse vengono applicate in un numero di casi ancora troppo basso.

La prevenzione secondaria e terziaria corrispondono all'adattamento – ossia agli sforzi per anticipare e prepararsi agli effetti dei cambiamenti climatici, e perciò ridurre le conseguenze che si ripercuotono sulla salute. (Ebi, Burton & Menne, Menne & Ebi, 2006). Gli sforzi compiuti per l'adattamento corrispondono strettamente alle pratiche mediche convenzionali e di salute pubblica. Queste ultime saranno più efficaci se integrate ad esempio con azioni a lungo termine nel settore delle costruzioni e della protezione strutturale in caso di inondazioni.

Diversi principi ben stabiliti sottolineano come sia necessario che la sanità pubblica si relazioni con i cambiamenti climatici in maniera significativa ed efficace. La prontezza nelle reazioni spesso si renderà necessaria anche in presenza di incertezze dal punto di vista scientifico: non è possibile prevedere con certezza eventi come influenze pandemiche, attacchi terroristici o uragani, tuttavia proteggere la salute pubblica resta un compito fondamentale. Il Principio di Precauzione, come formulato in occasione della Wingspread Conference del 1998, afferma che *"When an activity raises threats of harm to human health or the environment, precautionary measures should be taken even if some cause and effect are not fully established scientifically"* (*Laddove una qualche attività crei rischi per la salute umana o l'ambiente, saranno da adottarsi misure precauzionali, anche nel caso in cui i rapporti di causa ed effetto non sono del tutto appurati dal punto di vista scientifico*). L'idea che le azioni necessarie per proteggere la salute pubblica dalle minacce dei cambiamenti climatici non possano attendere la piena certezza scientifica è coerente con la pratica prevalente nel settore della protezione della salute pubblica.

La salute pubblica può essere di supporto esperto ad una vasta gamma di attività connesse, quali la produzione energetica ed il trasporto, la divulgazione di dati provenienti dalle Valutazione d'Impatto sulla Salute, il supporto alle decisioni,

e, se il caso lo richiede, l'azione diretta per proteggere la salute pubblica. L'aspetto economico è fondamentale nella pianificazione della salute pubblica. Il rapporto Stern, pubblicato dal Ministero del Tesoro britannico ad ottobre 2006, ha calcolato che in Gran Bretagna le perdite annuali causate dalle inondazioni potrebbero aumentare dal 0,1% del prodotto interno lordo odierno allo 0,2-0,4%, ed i cambiamenti climatici potrebbero ridurre i consumi globali pro capite dell'11% (Ministero del Tesoro, 2006).

## 5.2 Riduzione dei gas ad effetto serra: mitigazione

- Le misure prese in Italia per ridurre i gas serra non sono sufficienti;
- Se la salute umana fosse inclusa nella pianificazione delle politiche, i costi per mitigare i gas serra potrebbero essere controbilanciati dai benefici che tale mitigazione avrebbe sulla salute umana attraverso la riduzione dell'inquinamento atmosferico;
- Integrare politiche sulla riduzione dell'inquinamento atmosferico con quelle sulla mitigazione dei cambiamenti climatici offre notevoli riduzioni di costi rispetto a quelli sostenuti dall'applicazione di tale politiche singolarmente ;
- Altri paesi hanno attuato alcune misure di riduzione delle emissioni di gas serra e di inquinamento atmosferico, quali il limitare lo sfruttamento di risorse attraverso il risparmio energetico, aumento dell'efficienza energetica , il fuel switching, la gestione della domanda, ed i cambiamenti comportamentali
- Acquisire esempi di sviluppo a livello regionale e comunale anche per l'attivazione di un sistema di informazione per la condivisione di esempi positivi ed efficaci .

L'IPCC suggerisce di adottare una serie di misure per ridurre ulteriormente i gas serra. Queste misure includono: cambiamenti nello stile di vita, aggiornamenti delle infrastrutture energetiche, investimenti nella sicurezza energetica, misure energetiche efficienti per i veicoli, per gli edifici e per il settore elettrico, energia rinnovabile, biocombustibili, cambiamenti nei modelli di trasporto e stoccaggio dell'anidride carbonica. Non tutte queste misure hanno lo stesso potenziale di riduzione dei gas serra o di crescita. Alcune misure hanno anche un potenziale impatto sulla salute (ad esempio l'energia nucleare e lo stoccaggio del biossido di carbonio), ma la maggior parte di esse, se combinate a lungo termine, porterebbe numerosi benefici alla salute.

Cambiare stile di vita può ridurre le emissioni di gas serra. Modifiche allo stile di vita ed agli schemi di consumo che pongono l'accento sulla conservazione delle risorse, possono contribuire a sviluppare un'economia a bassa

produzione di anidride carbonica, equa, e sostenibile. Attuare nuovi programmi di istruzione e di formazione può agevolare il superamento delle resistenze del mercato ad accettare l'efficacia energetica soprattutto se tali programmi vengono integrati con altre misure. Cambiare i comportamenti, i modelli culturali, le scelte dei consumatori e l'utilizzo delle tecnologie può significare anche ridurre in maniera considerevole le emissioni di CO<sub>2</sub> nell'impiego dell'energia elettrica negli edifici. Gestire in maniera efficace la domanda di trasporto, comprendendo anche la pianificazione urbana , la divulgazione di informazioni e di tecniche di formazione (che possono ridurre l'uso di autoveicoli e portare ad uno stile di guida efficiente) può facilitare la mitigazione di gas serra. Gli strumenti di gestione industriale, quali



la formazione del personale, i sistemi di incentivo, analisi delle pratiche in uso, possono aiutare a superare i problemi dell'organizzazione industriale, riducendo l'utilizzo di energia e di emissioni di gas serra.

L'aggiornamento delle infrastrutture energetiche nei paesi industrializzati e l'applicazione di politiche atte a promuovere la sicurezza energetica, possono, spesso, creare opportunità per la riduzione dei gas serra rispetto agli scenari di partenza. E' possibile elencare molti altri co-benefici che variano da paese a paese, ma fra i più frequenti si possono citare: la riduzione dell'inquinamento atmosferico, il miglioramento della bilancia commerciale, la fornitura di servizi energetici moderni nelle aree rurali e l'occupazione. Diffondere un uso di tecnologie a bassa emissione di anidride carbonica può richiedere decenni, anche se i primi investimenti in queste tecnologie recentemente sono divenuti vantaggiosi. Le prime stime dimostrano che per ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> dell'energia globale e farle tornare ai livelli del 2005 entro il 2030, è necessario un grande cambiamento nei modelli di investimento, sebbene l'investimento netto aggiuntivo necessario oscilla tra una percentuale irrilevante e una percentuale di circa il 5-10%. Spesso il rapporto costo-efficienza è migliore quando si investe in miglioramenti dell'efficienza energetica a livello della destinazione di uso finale piuttosto che aumentare l'approvvigionamento energetico per soddisfare la domanda richiesta dai servizi energetici. Migliorare l'efficienza energetica ha anche un effetto positivo sulla sicurezza e sull'utilizzo energetico e sulla riduzione dell'inquinamento atmosferico a livello locale e regionale.

Generalmente l'energia rinnovabile ha un effetto positivo sulla sicurezza dell'energia e il suo impiego, e sulla qualità atmosferica. Considerati i costi delle altre possibili fonti di approvvigionamento di energia, l'energia rinnovabile, equivalente al 18% del rifornimento energetico del 2005, può rappresentare circa il 30-35% del rifornimento totale di energia del 2030 a prezzi del carbonio che arrivano fino a 50 US\$/tCO<sub>2</sub>-eq. Da un lato, quanto più i prezzi del combustibile fossile sul mercato sono alti tanto più le alternative a basso tasso di anidride carbonica saranno interessanti e competitive( anche se la variabilità dei prezzi potrà essere un motivo di disincentivo per gli investitori). Tuttavia, dall'altro lato, le tradizionali risorse di petrolio, che hanno un costo alto, potrebbero essere sostituite da alternative ad alta emissione di anidride carbonica, quali sabbie bituminose, argillite petrolifera, petroli pesanti e combustibili sintetici ricavati dal carbonio e dal gas. Essi però porterebbero ad aumentare le emissioni di gas serra, a meno che gli impianti di produzione non siano attrezzati con CCS (confinamento geologico dell'anidride

carbonica). Considerati i costi che le fonti diverse di approvvigionamento hanno, l'energia nucleare, che rappresenta il 16% dell'approvvigionamento di elettricità del 2005, può costituire il 18% dell'approvvigionamento energetico totale nel 2030 a prezzi dell'anidride fino a 50 US/tCO<sub>2</sub>-eq. Tuttavia fattori quali la sicurezza, la proliferazione di armi ed i rifiuti restano un ostacolo importante, in particolare per la salute umana. Il deposito di anidride carbonica in formazioni geologiche sotto terra è una nuova tecnologia che potenzialmente può dare un importante contributo all'adattamento entro il 2030. Sviluppi tecnici, economici e di regolazione avranno effetti sul contributo attuale. Lo stoccaggio di anidride carbonica non è privo di conseguenze per la nostra salute – una di esse è ad esempio l'emissione accidentale di CO<sub>2</sub> a seguito di perdite.

Ci sono numerose possibilità di mitigazione nel settore dei trasporti, tuttavia il loro effetto può essere controbilanciato dalla crescita nel settore. Le possibilità di mitigazione devono scontrarsi con molte barriere, quali le preferenze dei consumatori e la mancanza di politiche quadro. Migliorare le misure di efficienza dei veicoli, attraverso risparmi di combustibile, in molti casi hanno benefici netti (almeno per veicoli leggeri), tuttavia il potenziale di mercato è molto più basso rispetto al potenziale economico, a causa dell'influenza di altre considerazioni dei consumatori, quali la performance e la grandezza. Non c'è abbastanza informazione per accertare il potenziale di adattamento per veicoli leggeri. Non ci si aspetta perciò che le forze di mercato, da sole, inclusi i costi di combustibile in aumento, portino significative riduzioni di emissioni. Politiche nel campo del trasporto – come la tassa sul traffico a Londra, comunque portano benefici per l'inquinamento atmosferico, gli incidenti e il rumore.

I biocombustibili possono giocare un ruolo importante nella gestione delle emissioni di gas serra nel settore dei trasporti, a seconda del percorso di produzione. Si prevede che l'uso di biocombustibili possa arrivare fino al 3% dell'intero fabbisogno energetico nel settore dei trasporti da qui fino al 2030 e che potrebbe aumentare fino a circa il 5-10%, a seconda dei prezzi futuri del petrolio e del carbonio e di una migliore efficienza dei veicoli e dal successo delle tecnologie che utilizzano cellulosa.

I cambiamenti nell'utilizzo dei trasporti, da quelli su strada ai quelli su ferro, nell'utilizzo dei corsi d'acqua interni, l'uso di trasporti ad alta piuttosto che a bassa frequentazione, così come i trasporti lo sfruttamento del territorio, la pianificazione urbana e i mezzi di trasporto non motorizzati favoriscono la mitigazione dei gas serra, a seconda delle condizioni e delle politiche locali. Il potenziale di mitigazione

della CO<sub>2</sub> a medio termine che deriva dal settore di aviazione può essere il risultato di una migliore efficienza del combustibile, raggiungibile attraverso una varietà di mezzi, tra i quali la tecnologia, l'operatività e la gestione del traffico aereo. E' previsto tuttavia, che alcuni miglioramenti controbilancino soltanto in maniera parziale la crescita delle emissioni derivanti dall'aviazione. Il potenziale totale di mitigazione del settore dovrebbe anche tener conto degli effetti climatici non CO<sub>2</sub> delle emissioni derivanti dall'aviazione. La riduzione delle emissioni nel settore dei trasporti è spesso un cobeneficio risultante da una buona gestione della congestione del traffico, della qualità atmosferica e della sicurezza energetica.

Le opzioni di efficienza energetica per costruzioni nuove e già esistenti potrebbe ridurre considerevolmente le emissioni di CO<sub>2</sub> con benefici economici interessanti. Ci sono ancora molti fattori che impediscono lo sfruttamento di questo potenziale, tuttavia ci sono anche grandi cobenefici. Entro il 2030, circa il 30% delle emissioni di gas serra previste nel settore edilizio potranno essere evitate con benefici economici netti. Gli edifici efficienti dal punto di vista energetico, se da un lato limitano l'aumento delle emissioni di CO<sub>2</sub> dall'altro possono anche migliorare la qualità dell'aria sia all'interno che all'esterno di essi, migliorare la spesa sociale ed aumentare la sicurezza energetica. Ci sono possibilità di realizzare riduzioni di gas ad effetto serra nel settore edilizio in tutto il mondo. Tuttavia, molti fattori rendono difficile sfruttare questo potenziale. Tali fattori riguardano la disponibilità di tecnologia, le finanze, la povertà, gli alti costi delle informazioni reperibili, vincoli di progettazione ed una gamma appropriata di politiche e di programmi. Tali fattori limitanti sono più numerosi nei paesi industrializzati e ciò rende pertanto più difficile per questi paesi raggiungere un potenziale di riduzione dei gas ad effetto serra nel settore edilizio.

Il potenziale economico nel settore industriale è situato prevalentemente nelle industrie ad alto utilizzo di energia. Le possibilità di mitigazione disponibili non vengono sfruttate pienamente né nei paesi industrializzati, né in quelli in via di sviluppo. Molte strutture industriali presenti nei paesi in via di sviluppo sono nuove ed utilizzano tecnologie più recenti con emissioni specifiche più basse. Tuttavia, esistono ancora molte strutture industriali vecchie ed inefficienti sia nei paesi industrializzati, sia in quelli in via di sviluppo. Aggiornare tali strutture può portare a riduzioni significative. Il basso tasso di capitale azionario, la mancanza di risorse tecniche e finanziarie e l'abilità limitata delle aziende, soprattutto delle piccole e medie imprese, di avere accesso ed impadronirsi delle informazioni tecnologiche

sono ostacoli fondamentali al pieno uso delle possibilità di adattamento a disposizione. ([www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch) )

### **5.2.1 L'Italia e l'attuazione della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici e del Protocollo di Kyoto**

La Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici è stata ratificata dall'Italia nel 1994 con la legge 65 del 15/01/1994. L'Italia, in qualità di parte della Convenzione, si è impegnata a sviluppare, pubblicare e aggiornare regolarmente gli inventari delle emissioni dei gas ad effetto serra, nonché a formulare, implementare, pubblicare e aggiornare regolarmente programmi riguardanti emissioni di gas ad effetto serra antropogenici. Il Protocollo di Kyoto, adottato nel dicembre 1997, ha stabilito alcuni obiettivi riguardanti la riduzione di emissioni delle Parti elencate nell'Allegato B del Protocollo (ad esempio i paesi industrializzati e quelli con economie in transizione): in particolare, l'Unione Europea nel suo insieme si è impegnata ad una riduzione delle emissioni pari all'8% nel periodo 2008-2012, rispetto ai livelli del 1990. Per l'Italia l'Unione Europea ha stabilito un obiettivo di riduzione pari al 6,5% nel suddetto periodo, rispetto ai livelli del 1990 (Romano et al., 2005).

Di conseguenza, il 1 giugno 2002, il governo italiano ha ratificato il Protocollo di Kyoto con la legge 120 dell'1/6/2002. La legge di ratifica prevedeva anche la preparazione di un Piano di Azione Nazionale per ridurre le emissioni di gas ad effetto serra, che è stato adottato il 19 dicembre 2002 per mezzo di una delibera del Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (CIPE). Il Protocollo di Kyoto è quindi entrato in vigore nel febbraio 2005. Al fine di monitorare l'andamento delle emissioni di gas-serra e l'attuazione degli interventi di riduzione, ogni anno l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT) prepara e trasmette alle istituzioni competenti in materia l'inventario nazionale delle emissioni di gas serra, attraverso la compilazione del Common Reporting Format, in conformità con le linee guida predisposte dalla Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici ed il Meccanismo di Monitoraggio dei gas serra dell'Unione Europea. Informazioni dettagliate sui valori stimati per le emissioni e sulle procedure di valutazione, inclusi tutti i dati necessari per elaborare le stime finali, sono reperibili nel National Inventory Report (NIR), redatto al fine di migliorare la trasparenza, la consistenza, la confrontabilità e la completezza dell'inventario. L'inventario viene aggiornato ogni anno al fine di

riportare le revisioni compiute e i miglioramenti ottenuti nella metodologia e nella disponibilità di nuove informazioni (Romano et al., 2005).

Le stime delle emissioni includono i sei gas serra menzionati nel Protocollo di Kyoto (biossido di carbonio, metano, protossido di azoto, idrofluorocarburi, perfluorocarburi, esafluoruro di zolfo) che contribuiscono direttamente al processo dei cambiamenti climatici, provocati dal loro immediato effetto radiativo e altri quattro gas (ossidi di azoto, monossido di carbonio, composti organici volatili diversi dal metano, biossido di zolfo) che contribuiscono a questo processo indirettamente, attraverso le loro reazioni in atmosfera. I file del Common Reporting Format e altri documenti ad esso collegati sono reperibili sul sito [www.sinanet.apat.it/aree/atmosfera/emissioni/emissioni.asp](http://www.sinanet.apat.it/aree/atmosfera/emissioni/emissioni.asp).

Al fine di conformarsi al quadro degli obiettivi stabiliti dal Protocollo di Kyoto e dall'Unione Europea, l'Italia deve raggiungere tra il 2008 e il 2012 una riduzione dei gas ad effetto serra pari al 6,5% rispetto ai livelli del 1990. In altre parole, le emissioni dovrebbero diminuire da 519.5 MtCO<sub>2</sub>eq a 485.7 MtCO<sub>2</sub>eq, cosicché il divario da colmare ammonta a 33.8 MtCO<sub>2</sub>eq. Tuttavia, nel 2005 le emissioni ammontavano a 582.2 MtCO<sub>2</sub>eq (12,1% in più rispetto al 1990) e le emissioni previste per il 2010, nello scenario che include gli effetti delle misure già adottate, corrispondono a 587.3 MtCO<sub>2</sub>eq. In altre parole, il divario complessivo da colmare nel 2010 è di 101.6 MtCO<sub>2</sub>eq.

L'approccio generale votato dal Parlamento per il raggiungimento degli obiettivi prefissati dal Protocollo di Kyoto consiste nell'implementare politiche e misure interne pari ad almeno l'80% degli sforzi di riduzione delle emissioni, utilizzando per la parte rimanente, pari a non più del 20%, i crediti provenienti dall'attuazione delle attività progettuali basate sui meccanismi di Kyoto, Joint Implementation (JI) e Clean Development Mechanism (CDM). Se si tiene conto del fatto che attraverso gli interventi già finanziati di JI/CDM sono stati già acquisiti crediti per circa 4 MtCO<sub>2</sub>eq, gli sforzi attuali per raggiungere l'obiettivo di Kyoto si riducono a 97,6 MtCO<sub>2</sub>eq (MATTM, 2006): le politiche e le misure interne devono quindi ottenere come risultato una riduzione di emissioni pari ad almeno 78 MtCO<sub>2</sub>eq. Il nuovo Governo sta predisponendo una revisione della delibera CIPE del 2002, al fine di fornire indicazioni operative sugli interventi di riduzione coerenti con questi indirizzi

Per il settore energetico e i settori industriali ad elevata intensità di energia, la direttiva 2003/87/Ce, che stabilisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni

dei gas ad effetto serra in Europa, introduce tetti di emissione di anidride carbonica per il periodo compreso tra il 2008 ed il 2012, che coincide con il primo periodo di adempimento del Protocollo di Kyoto. La Commissione Europea, ha recentemente (15 maggio 2007) approvato il Piano Nazionale di Assegnazione (PNA) per il 2008-2012 che è stato trasmesso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e dal Ministero dello Sviluppo Economico, chiedendo un ulteriore taglio di 13,2 MtCO<sub>2</sub>eq. Ciò significa che i settori inclusi nell'EU ETS dovranno ridurre le proprie emissioni di ulteriori 37,4 MtCO<sub>2</sub>eq rispetto allo scenario di riferimento, mentre agli altri settori toccherà farsi carico di una ulteriore riduzione di 29 MtCO<sub>2</sub>eq.

Lo scenario di riferimento comprende, in particolare, gli effetti delle misure di ristrutturazione introdotte a partire dal 1999 nell'ambito del processo di liberalizzazione e privatizzazione del settore elettrico. Per quanto riguarda la produzione di energia elettrica da combustibili fossili, è opportuno segnalare che, tra il 1996 e il 2005, i consumi specifici medi nella produzione di energia elettrica da fonti fossili si sono ridotti dell'8-9%. La ragione del trend decrescente dei consumi specifici relativi alla produzione di energia elettrica va ricercata nella progressiva entrata in esercizio, in particolare a partire dal 1999, di impianti a ciclo combinato alimentati da gas naturale o gas derivati (max 57% di efficienza), con efficienza superiore a quella degli impianti tradizionali (max 38%). Nello scenario a legislazione vigente è stata ipotizzata nuova capacità da ciclo combinato per 20 mila MW di nuova capacità da ciclo combinato, di cui 14 mila MW in sostituzione di impianti esistenti e con i rimanenti 6 mila MW completamente nuovi. Tra le misure aggiuntive, viene presa in considerazione una maggiore capacità da cicli combinati nuovi per ulteriori 3.200 MW. Per la produzione elettrica da fonti rinnovabili, il decreto legislativo 79/1999 prevede l'obbligo - per importatori e soggetti responsabili di impianti che importano o producono energia elettrica da fonti convenzionali - di immettere in rete, l'anno seguente, una quota di energia da fonti rinnovabili pari al 2% dell'energia importata o prodotta da fonti convenzionali l'anno precedente eccedente i 100 GWh.

Le misure e le politiche aggiuntive identificate nella bozza di strategia nazionale riguardano tutti i settori economici e tutti i gas serra. Esempi di politiche e misure in differenti settori sono la promozione di Cogenerazione (CHP) ed energia rinnovabile (settore energetico - approvvigionamento), misure mirate al miglioramento dei risparmi energetici e dell'efficienza energetica (settore energetico

– industria, terziario e residenziale), misure atte a migliorare l'efficienza dei veicoli e l'uso di biocombustibili (settore energetico – settore dei trasporti).

Per quanto riguarda l'efficacia energetica, la legge di bilancio del 2007 include misure atte a sostenere deduzioni maggiori dall'imposta sul reddito delle spese per l'ammodernamento edile, per costruire edifici con un consumo energetico molto basso, incentivando l'acquisto di frigoriferi con classe energetiche A+ e A++ e per motori elettrici ad alta efficienza o a velocità variabile.

Per le energie rinnovabili, la direttiva 2001/77/CE stabilisce che entro il 2010 il 22,1% del consumo totale di elettricità provverrà da fonti di energia rinnovabile e richiede agli Stati Membri di stabilire i propri obiettivi. Per quanto riguarda l'Italia, la percentuale dell'energia elettrica proveniente da fonti rinnovabili dovrebbe assestarsi al 25%. Tuttavia, nonostante l'applicazione di diverse misure di sostegno (incluso quella che obbliga l'introduzione di energia rinnovabile), sarà molto difficile per l'Italia raggiungere tale obiettivo. A fronte di un obiettivo di 75 GWh, la produzione di elettricità da fonti rinnovabili è infatti ferma intorno a 50 GWh (16,7% del consumo totale di elettricità, dato 2005). Finora il sistema degli incentivi non ha funzionato o ha soltanto compensato energie pseudo rinnovabili (cogenerazione, utilizzo dei rifiuti per creare energia ed elettricità da olii bituminosi). Soltanto recentemente il Ministero per lo Sviluppo Economico e il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare si sono accordati per restringere gli incentivi alle fonti rinnovabili vere. Oltre a ciò, le procedure molto lente e burocratiche necessarie per installare impianti alternativi e decentralizzati sono in ritardo, l'utilizzo di energia eolica e solare (fotovoltaica e termica) resta ancora marginale.

Nel settore dei trasporti, che presenta diverse caratteristiche specifiche che non favoriscono affatto l'implementazione di misure atte a ridurre le emissioni di gas ad effetto serra, è stato stabilito dalla legge di bilancio 2007 un fondo annuale di 100 milioni di euro per il periodo che va dal 2007 al 2009 per l'acquisto di veicoli alimentati con GPL o con gas metano e per la conversione di macchine vecchie. Una percentuale di consumo di biocombustibili sarà detratta dall'imposta di consumo in modo da raggiungere l'obiettivo prefissato dalla direttiva 2003/30/EC, che richiede agli Stati Membri di sostituire entro il 2010 almeno il 5,75% dei consumi di gas e petrolio con biocombustibili.

Le misure nel settore agricolo e forestale comportano una potenziale riduzione di altre 16.2 MtCO<sub>2</sub>eq. Esse includono l'attuazione di programmi e di iniziative atti ad aumentare la quantità e a migliorare la gestione di aree forestali e terreni boscosi, bonificare territori abbandonati, e proteggere territori che presentano rischi di instabilità o di desertificazione:

- la gestione di foreste già esistenti;
- la ri-vegetazione di terreni agricoli e pascoli;
- il rimboschimento naturale;
- l'imboschimento e il rimboschimento in terreni boscosi già esistenti, in aree nuove e in aree soggette a rischi di instabilità idrogeologica.

Per quanto riguarda l'attuazione di tali misure, vale la pena notare che il potere politico riguardante le questioni energetiche è stato trasferito alle regioni, che divengono quindi stakeholder responsabili del raggiungimento degli obiettivi prefissati dal Protocollo di Kyoto . E' necessario al riguardo anche una chiara diffusione ed informazione che possa contrapporsi alla diffusione limitata dell'energia eolica e solare (fotovoltaica e termica)

### **5.2.2 La cooperazione internazionale, meccanismi di sviluppo chiari e il trasferimento di tecnologie (CDM/TT)**

L'Italia contribuisce al Fondo Globale per l'Ambiente (GEF) con 90,5 milioni di dollari, posizionandosi sesta tra tutti i contribuenti. Recentemente l'Italia ha sottoscritto il terzo adempimento del GEF confermando la sua percentuale del 4,39% dei contributi totali. La cosiddetta legge per la tassa sull'anidride carbonica stabilisce che tutte le azioni nazionali che riducono le emissioni di gas ad effetto serra devono essere accompagnate da una serie di programmi di cooperazione internazionale. Uno degli esempi è il programma di cooperazione con la Cina, che mira a stanziare fondi multilaterali per la protezione ambientale e per l'energia rinnovabile. L'assistenza ODA (Official Development Assistance) bilaterale e multilaterale fornita dall'Italia nel settore ambientale ha appoggiato le istituzioni ambientali dei paesi in via di sviluppo e delle economie in fase di transizione nel trasferimento di know-how e di capacità edile attraverso schemi di cofinanziamento ad hoc implementati insieme alla Banca Mondiale, al GEF, e alle Multilateral Regional Development Banks.

Per quanto riguarda la cooperazione scientifica messa in atto per il trasferimento del know-how, il Ministero degli Affari Esteri italiano, di concerto con il Ministero dell'Educazione, dell'Università e della Ricerca Scientifica, ha ratificato accordi



bilaterali con 43 paesi in via di sviluppo e paesi con economie in fase di transizione. Molti di tali accordi riguardano tematiche ambientali, quali i cambiamenti climatici, gli ecosistemi marini, territoriali, costali, e le energie pulite, mirati a scambiare informazioni, ricerche, metodologie e nuovi approcci alla ricerca scientifica. Non si è resa disponibile nessuna stima della percentuale ODA di questo contributo. Per quanto concerne il settore privato, varie compagnie di servizi ed industrie italiane si sono rese attive nel trasferimento di tecnologie a basso impatto e nell'implementazione di progetti atti alla gestione integrata di risorse naturali e/o rifiuti, anche attraverso schemi cofinanziari sostenuti dalle istituzioni pubbliche nazionali e locali.

### **5.2.3 Cobenefici per la salute umana derivanti dalle riduzioni dei gas serra**

Una relazione emanata dall'AEA (Agenzia Ambientale Europea) indica che le azioni messe in pratica per combattere i cambiamenti climatici porterebbero benefici considerevoli nella riduzione dell'inquinamento atmosferico entro il 2030 (AEA, 2006). Tali benefici sussidiari sarebbero:

- Una riduzione generale dei costi che ha il controllo delle emissioni dell'inquinanti atmosferici, nell'ordine di 10 miliardi all'anno;
- Una riduzione delle emissioni di inquinanti atmosferici, e conseguentemente una riduzione dei danni alla salute pubblica (ad esempio una diminuzione di più di 20.000 morti premature all'anno) e agli ecosistemi.

Nelle città italiane (Milano e Roma) prese in considerazione dalla relazione AEA, le politiche ambientali da sole non eliminerebbero le eccedenze nei target di qualità dell'aria, in particolare quelle che riguardano il PM10. Tuttavia, le politiche atte a perseguire obiettivi climatici a lungo termine rendono più facile e più economico raggiungere obiettivi a lunga scadenza in termini di qualità atmosferica.

Esiste un notevole potenziale di adattamento a basso costo nell'arco temporale che intercorre tra oggi ed il 2030. Molte autorità locali stabiliscono volontariamente obiettivi per ridurre le emissioni locali di gas serra. In molti paesi europei è possibile che si verifichi una riduzione delle emissioni della maggior parte degli inquinanti atmosferici e dei loro precursori nei prossimi 20-30 anni, non grazie ad una riduzione del nostro uso di combustibili fossili, bensì grazie al miglioramento delle tecnologie. Tali miglioramenti sono possibili grazie alle azioni prese a livello legislativo, regionale e locale.

La magnitudine degli impatti attuali dell'inquinamento atmosferico sulla salute calcolato su 13 città italiane (progetto APAT-OMS 2005) sottolinea la necessità di mettere in atto misure urgenti per ridurre la quantità soprattutto a livello urbano. I provvedimenti presi di concerto con la legislazione dell'Unione Europea danno come risultato risparmi sostanziali, evitando danni alla salute, ed è importante raggiungere i limiti di PM10 introdotti dalla Direttiva 1999/30/EC (EU, 1999); tali limiti non devono essere abbassati (posizione invece assunta da un numeroso gruppo di ricercatori in questo campo) (Brunekreef, 2005).

Tuttavia l'Italia è uno degli Stati Membri che rappresenta tuttora una sfida. Nel 2005, in Italia, la maggior parte delle città più grandi ha raggiunto il termine dei 35 giorni concessi nell'eccesso di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di PM10 alla fine del mese di marzo; soltanto alcune città sono allineate alla media annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di PM10; nessuna è allineata con il valore medio di  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di PM10 che è il limite da raggiungere nel 2010. In generale in Europa le concentrazioni di PM10 diminuiscono sostanzialmente tra il 1997 ed il 1999, tuttavia negli ultimi anni questo calo si è arrestato. Al contrario, si è verificata un aumento stabile tra il 2001 ed il 2003. Tuttavia, in media, i livelli registrati nel 2004 erano più bassi rispetto a quelli del 2003.

Si possono raggiungere miglioramenti sostanziali perseguendo politiche atte principalmente a ridurre emissioni da due fonti: i trasporti urbani e la produzione energetica. Un recente studio svolto dall'APAT (l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici, 2005) ha dimostrato che PM10 derivanti dal trasporto urbano (escludendo la polvere risospesa) rappresenta la fonte principale dell'inquinamento primario totale.

Il contributo del trasporto urbano è calcolato tra il 40% ed il 60% (per una media del 51%) in tutte le aree metropolitane, eccetto Venezia-Mestre, Trieste e Genova, dove sono presenti grosse industrie o porti (o entrambi) e dove le attività industriali contano per la maggior parte delle emissioni totali (dal 66% all'81%).

In media, circa il 48% delle emissioni primarie di PM10 hanno origine dalle attività industriali sviluppate nelle aree metropolitane del nord (Torino, Genova, Milano, Venezia-Mestre e Trieste), rispetto al 15% delle aree del centro e del sud (Firenze, Bologna, Roma, Napoli, Catania e Palermo).

Oltre all'obiettivo generale di ridurre le emissioni, si dovrebbe porre l'accento sulle condizioni locali. In particolare, uno studio elaborato dall'Organizzazione Mondiale

della Sanità afferma che le concentrazioni di PM10 erano alte nelle città del nord (50 ug/m<sup>3</sup>), rispetto alle aree urbane situate nell'Italia centrale (43 ug/m<sup>3</sup>) e meridionale (35 ug/m<sup>3</sup>). E' probabile che tali differenze siano dovute principalmente a differenze nei trasporti, nelle attività industriali, e nelle emissioni relative al caldo a livello urbano e regionale, ed inoltre ai fattori climatici. Ad esempio, le città della Pianura Padana (Verona, Milano e Padova) hanno concentrazioni di PM10 alte (59 ug/m<sup>3</sup> di media annuale per il periodo tra il 2002 ed il 2004), dovute a traffico urbano e regionale intenso, alle molteplici attività industriali, combinate con condizioni climatiche che limitano la dispersione di inquinanti. Tra tali circostanze, l'azione messa in atto da una singola municipalità per ridurre, ad esempio, le emissioni derivanti dai motoveicoli ottiene risultati modesti. Al contrario, un'azione politica presa a livello regionale potrebbe necessitare di raggiungere risultati sostanziali nella riduzione di concentrazioni di inquinanti atmosferici e nel miglioramento delle condizioni della salute.

Uno studio recente preparato dal DEFRA britannico sul cambiamento climatico e sull'inquinamento atmosferico ha dimostrato che, misure combinate sono fondamentali per ridurre gli effetti sia sulla salute sia sul sistema climatico. Misure combinate possono essere raggruppate nei seguenti titoli:

- Conservazione – ossia ridurre l'uso delle risorse attraverso la conservazione energetica, per esempio migliorando l'isolamento delle nostre case.
- Efficacia – intraprendere le stesse attività, ma in modo più efficace, in maniera tale da sfruttare un numero minore di risorse e da ridurre le emissioni degli inquinanti atmosferici e climatici, ad esempio migliorando il rendimento termico dei motori delle automobili.
- Fuel switching – sostituire i combustibili ad alte emissioni con altri a basse emissioni; sostituire il carbonio con gas naturale nelle stazioni di benzina, riducendo in maniera significativa le emissioni di diossido di carbonio.
- Richiesta di gestione – applicare politiche o misure atte a controllare o influenzare la domanda, ad esempio il carico di congestione nel centro di Londra.
- Cambiamenti comportamentali – cambiamenti nelle abitudini degli individui o nelle organizzazioni, portano a ridurre le emissioni, ad esempio viaggiando in treno piuttosto che in aereo.

#### **5.2.4 Azioni per lo sviluppo sostenibile**

Connesse alle attività messe in pratica per combattere i cambiamenti climatici sono quelle per lo sviluppo sostenibile. A febbraio 2000, 51 autorità locali hanno aderito

alla "Carta di Aalborg" – la Campagna Europea per le Città Sostenibili. Grazie a questa adesione, le 51 autorità locali sono state informate dell'esistenza di tematiche collegate alla sostenibilità ambientale, quali equità sociale, adozione di modelli sostenibili di utilizzo del territorio, conservazione della biodiversità, consapevolezza dei cittadini e dei possessori di azioni nelle tematiche ambientali, ad assumersi la responsabilità per quanto concerne le materie climatiche a livello mondiale. Sono state adottate una serie di misure atte a prevenire l'inquinamento nell'ecosistema. Tuttavia, molti problemi e difficoltà ostacolano la diffusione dell'Agenda 21 in molte regioni dell'Italia centrale e meridionale. La rete di informazioni non si rende disponibile a tutte i municipi, i quali non hanno accesso diretto al circuito europeo e non possono mostrare interesse per le tematiche della materia. Molti comuni italiani sono caratterizzati da una combinazione di realtà differenti, le quali tra l'altro sono piuttosto omogenee dal punto di vista economico-ambientale. E' stato sviluppato un piano nazionale per lo sviluppo sostenibile con il compito di offrire una serie di linee guida sullo sviluppo sostenibile, Sebbene esso non citi i cambiamenti climatici e le tematiche ad essi collegate, tratta molti argomenti direttamente o indirettamente in relazione con la vulnerabilità climatica, attraverso l'analisi di alcuni delle maggiori lacune ambientali a livello nazionale.

L'APAT e l'ENEA hanno intrapreso una serie di iniziative: ad esempio, l'APAT ha stabilito il database GELSO per la gestione locale della sostenibilità ambientale. GELSO è un database online contenente pratiche utili per la sostenibilità locale, le quali dovrebbero essere utilizzate come un efficace strumento per la pubblica amministrazione, per le società di impresa, per le associazioni ambientali, per gli esperti tecnici, per i consulenti ambientali e per i cittadini interessati alle ultime innovazioni nel campo dello sviluppo sostenibile. GELSO è stato creato per promuovere pratiche che agiscono come un incentivo per un processo verso lo sviluppo sostenibile a livello locale attraverso lo scambio di informazione, la partecipazione ai progetti, l'integrazione e la programmazione, così come la divulgazione di progetti innovativi che hanno raggiunto gli obiettivi di sostenibilità.

## 5.3 L'adattamento

- E' necessario valutare il rischio futuro per la salute da cambiamento climatico
- E' necessario creare e rinforzare collaborazione tra professionisti della sanità (inclusando anche i cosiddetti stakeholders), esperti dei cambiamenti climatici, esperti ambientali, esperti della protezione civile, gestori centrali e locali dei sistemi informativi ambientali e sanitari;
- Si auspica l'attivazione di gruppi esperti multidisciplinari ambiente e salute per contribuire ai processi di valutazione di azioni prioritarie ed opzioni di adattamento;
- Pianificare casi studio locali per valutare esempi di politiche integrate, rafforzando la salute pubblica e i costi dell'inazione

L'adattamento sarà sempre più necessario. Anche se le concentrazioni dei gas serra restano ai livelli del 2000, il surriscaldamento ulteriore è di 0.6°C per la fine del secolo. Sebbene sia disponibile una vasta gamma di opzioni di adattamento, si rende necessario un adattamento sistematico più esteso. Come è stato affermato nell'ultima Valutazione della Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici,

sebbene molti impatti iniziali dei cambiamenti climatici possono essere affrontati in maniera efficace nei primi anni, le possibilità per un adattamento con risultati positivi diminuiscono con l'aumento della temperatura ed i costi relativi aumentano insieme all'aumento dei cambiamenti climatici.

Attualmente alcuni paesi in Europa hanno preso delle misure di adattamento. Ad esempio, vengono presi in considerazione i cambiamenti climatici nella progettazione di infrastrutture, come per esempio la difesa delle coste nei Paesi Bassi, oppure, in altri Paesi, si sono organizzati sistemi di risposta alle ondate di calore, per esempio sviluppando sistemi di allarme precoce.

Non si ha un'idea chiara dei limiti dell'adattamento (e il costo), in parte perché misure efficaci di adattamento sono strettamente dipendenti da fattori di rischio specifici, geografici e climatici, nonché da limiti istituzionali, politici e finanziari.

La vasta gamma di potenziali risposte disponibili spazia da soluzioni tecnologiche (ad es. difesa marina) a quelle comportamentali (ad es. scelte ricreative) gestionali (ad es. programmazione sanitaria dei servizi sanitari) e politiche.

L'interesse per il processo di adattamento ai cambiamenti climatici analizzati e agli impatti connessi è in aumento in Europa, così come lo sviluppo di piani di adattamento nazionale (ad es. Regno Unito e Finlandia). Anche in quei paesi dove è assente un quadro di politiche atte a sviluppare una politica nazionale di adattamento, si stanno adottando misure ed attività di adattamento, spesso nei contesti di policy di prevenzione di rischi naturali, protezione ambientale e gestione

delle risorse sostenibili. Queste misure spesso sono promosse su basi ad hoc, su un determinato settore (ad es. la gestione delle risorse idriche), e l'implementazione in differenti settori ed organizzazioni (ad es. autorità locali), e spesso improntati sugli impatti dei recenti eventi climatici più estremi. Questo rappresenta la situazione nella maggior parte dei paesi europei, come Austria, Francia, Svezia, Paesi Bassi, Belgio, Italia e Svizzera. Politiche e misure proattive pensate per affrontare i cambiamenti climatici a lungo termine e gli impatti che essi comportano devono ancora essere sviluppati in molti paesi (EEA - European Environment Agency, 2005).

## 5.4 Azioni della salute pubblica per affrontare i cambiamenti climatici

Prima di affrontare il tema adattamento in campo sanitario, bisogna porsi quattro domande:

1. qual'è l'effetto osservato del cambiamento climatico sulla salute?
2. quali misure di prevenzione attualmente a disposizione sono efficaci?
3. quali sono gli effetti previsti in Italia sulla salute?
4. e quali misure sono necessarie oltre a quelle già esistenti per affrontare il rischio climatico per la salute?

In questo rapporto abbiamo eseguito uno primo screening del problema ed identificato alcuni rischi. A questo scopo, la tabella 11 descrive le minacce provocate dai vari cambiamenti climatici, come elaborate nel capitolo 2, i suoi effetti sull'ambiente (capitolo 3) e sulla salute (capitolo 4) e descrive le popolazioni più colpite, gli ulteriori danni sulla salute e le misure di adattamento teoricamente necessarie.

Questo rapporto, limitato dai pochi dati esistenti, descrive brevemente ciò che si rende necessario a livello teorico. Una riflessione più completa non solo necessita di un'analisi delle misure complete di prevenzione a disposizione, ma necessita anche una riflessione più sistematica a livello nazionale. Per ottenere tale scopo è necessario creare e rinforzare una rete di collaborazione tra professionisti della sanità (includendo anche i cosiddetti stakeholders), esperti dei cambiamenti climatici, esperti ambientali, esperti della protezione civile, gestori dei sistemi informativi sanitari ed ambientali centrali e locali. Quest'analisi non è l'obiettivo di questo rapporto, ma potrebbe rappresentare la finalità di una successiva indagine.

Un gruppo di lavoro multidisciplinare collaborativo potrebbe adoperare il modello di gestione del rischio climatico integrato, sviluppato dal Treasury Board of Canada Secretariat nel 2001. Questo include sostanzialmente nove fasi:

1. Identificazione dei problemi;
2. Valutare aree particolarmente a rischio;
3. Valutare la possibilità di un impatto futuro;
4. Sviluppare priorità;
5. Identificare risultati desiderati;

6. Sviluppare opzioni di azione
7. Selezionare una strategia
8. Implementare la strategia
9. Monitorare e valutare il processo ed i risultati

Uno dei punti di debolezza nell'applicazione di tale approccio è la mancanza di una stima sistematica e complessiva dell'effetto nel futuro del cambiamento climatico sulla salute. La non disponibilità di essi rende più complesso il prioritizzare le azioni, la stima del costo della no-azione o inazione e la valutazione di quale benefici la prevenzione potrebbe avere per la salute ambientale.

**Tabella 11: Gli effetti sulla salute e le proposte di adattamento**

Gli effetti dei cambiamenti climatici	Gli effetti sulla salute	Le aree e le popolazioni più colpite	Gli ulteriori rischi per l'Italia	L'adattamento: ipotesi (escluso il settore della salute)	L'adattamento (nel settore della salute)
<b>Aumento della frequenza, della durata e della intensità delle ondate di calore</b>	Mortalità e morbilità	Gli anziani e i soggetti più esposti	3.000 morti in più entro il 2030	Sistema di allerta per il calore	Piani di azioni per la prevenzione; preparazione delle strutture sanitarie informazione per diversi gruppi (medici, fragili, media)  Revisione delle infrastrutture urbanistiche ed architettura
<b>Intensità delle precipitazioni (rischi di inondate)</b>	Malattie infettive, respiratorie e per inondazioni, disordini da stress post traumatico	Popolazioni che vivono in zone costali  Popolazioni che vivono lungo i fiumi, quali il Po'	4500 km <sup>2</sup> di aree costali a rischio  1/2 della popolazione italiana	Misure strutturali e non strutturali;	Piani di azione per la salute;  Informazione del cittadino; Esercizi di simulazione  Sistemi di sorveglianza e di monitoraggio
<b>Siccità</b>	Malattie veicolate dall'acqua e dal	In particolare Italia del Sud e le	Aumento del 25% dello stress	Riciclo delle acque reflue?	Controllo sulla qualità dell'acqua



	cibo	isole	idrico	desalinizzazione e ? Gestione delle acque	e del cibo, sorveglianza e monitoraggio;
<b>Diminuzione dei giorni di gelo</b>	Potenziale di sopravvivenza e di riproduzione delle specie vettori tropicali	Soprattutto nell'Italia del sud	-	-	-
<b>Aumento delle temperature di mari e laghi</b>	Comparsa delle alghe e dei cianobatteri	A lungo delle coste italiane e dei maggiori laghi	Comparsa delle alghe durante il periodo estivo		Sorveglianze, sistemi di allarme; informazione dei cittadini piani di allerta e di azione estivi
<b>Aumento del livello del mare</b>	Stessi effetti delle inondazioni in base alla rapidità	Nel tratto di mare adriatico superiore, il tratto di costa tra Ancora e Pescara; le coste nei pressi di Roma e Napoli; il Golfo di Manfredonia, le coste tra Taranto e Brindisi, la Sicilia sud-est; il 6.6% della costa in Sardegna.	4500 km2 di aree costali sono a rischio;	Rilocalizzazione di insediamenti; rinforzo delle coste ;	Piani di azione per la prevenzione degli effetti sulla salute;  Informazione del cittadino; Esercizi di simulazione  Sistemi di sorveglianza e di monitoraggio
<b>Aumento dello stress idrico</b>	Malattie veicolate dall'acqua e dal cibo	Tutte		Gestione delle acque	Piani di prevenzione estive  Sorveglianza e monitoraggio
<b>Aumento dei rischi di incendi</b>	Lesioni da incendio;  Malattie respiratorie	Tutte	55.000 ha di terreno boschivo	Sensibilizzazione e della popolazione; servizi di protezione civile	Preparazione dei servizi medici di emergenza

<b>Aumento della stagione di crescita delle piante e del polline</b>	Comparsa in anticipo della stagione delle malattie allergiche	Tutte	Italia del nord	-	Sistemi di allarme sul rischio pollini
<b>Cambiamenti di disposizione nell'altitudine e nella latitudine degli ecosistemi, delle piante e degli animali</b>	Possibile invasione di nuove piante allergiche, delle pesti e dei movimenti dei vettori	Italia del nord e Appennino	Leishmaniosi; West Nile Fever; Bottonneuse Fever; dengue, malaria, meningoencefaliti e ed altre	Controllo dei vettori	Controllo vettori, azioni per anticipare i rischi; rapida diagnosi di malattie; e sorveglianza
<b>Aumento della domanda di elettricità durante il periodo estivo</b>	Interruzione di corrente elettrica in ospedali	Tutte	Potenziati black-out	Gestione energetica	Controllo dei generatori di corrente
<b>Cambiamenti nell'inquinamento atmosferico, concentrazioni nelle città durante il periodo estivo</b>	Mortalità e malattie cardio-respiratorie	Tutte le città più grandi	Tutte le città italiane	Efficacia energetica, gestione della domanda; educazione	Servizi di emergenza medica;
<b>Ritardo nel recupero dell'ozono</b>	Possibile aumento del cancro alla pelle e cataratta	Tutte	Tutta l'Italia	Riduzione di gas ad effetto serra	Evitare il sole, utilizzo di creme solari; controllo medico; educazione

Secondo il progetto cCASHh (Climate Change and adaptation strategies for human health), lo studio Europeo sull'adattamento in sanità pubblica, anche in Italia si possono identificare cinque aree di sanità pubblica che necessitano una revisione, un rafforzamento o uno sviluppo, più precisamente: sistemi di allarme, valutazione, monitoraggio e ricerca, sviluppo di politiche specifiche, sistemi di informazione integrati ed programmazione dei servizi sanitari. Questi vengono brevemente analizzati di seguito.

### 5.4.2 Sistemi di allarme

La consapevolezza dell'importanza che rivestono i sistemi di allarme sta progressivamente aumentando. In occasione della seconda conferenza mondiale sulla diminuzione dei disastri (Hyogo, Kobe, Giappone, Gennaio 2005), 168 paesi hanno adottato il quadro Hyogo per il piano d'azione 2005-2015 identificando quattro aree di priorità, di cui la seconda ha sottolineato la necessità di "identificare, valutare e monitorare i rischi di disastri e rafforzare la prevenzione", come componente fondamentale nel processo di riduzione dei rischi dei disastri. Inoltre, il quadro Hyogo per il piano d'azione ha sottolineato che la riduzione dei rischi dei disastri devono essere affrontati con un approccio che sia integrato e multi-rischio.

In occasione del Vertice mondiale delle Nazioni Unite del 2005, tenutosi a New York lo scorso settembre, i governi hanno richiesto di stabilire sistemi di allarme per tutte le calamità naturali, sfruttando il potenziale nazionale e regionale per integrare una maggiore preparazione a disastri più grandi e ad iniziative di attenuazione. In maniera opportuna, il rapporto preliminare dell'indagine globale sui sistemi di allarme, richiesto dal Segretario Generale dell'ONU, ha confermato che, sebbene si siano raggiunti progressi sostanziali, persistono ancora molti divari da colmare e sfide da vincere. A livello europeo purtroppo sono disponibili ancora pochi sistemi di allarme, la maggior parte dei quali prodotti dai servizi di meteorologia nazionale. Ad esempio, i servizi meteorologici tedeschi elaborano previsioni sul polline, sul vento, sul calore ed una serie di altri servizi.

In Italia, a partire dal 2003, il Dipartimento della Protezione Civile ha istituito nelle grandi aree urbane una rete di sistemi di allarme per la prevenzione degli effetti delle ondate di calore, in grado di prevedere fino a tre giorni di anticipo l'occorrenza di condizioni climatiche a rischio ed il loro impatto sulla salute della popolazione (Heath Health Watch/Warning Systems, HHWWS) ([www.protezionecivile.it](http://www.protezionecivile.it)), affiancati da sistemi rapidi di rilevazione della mortalità estiva che permettono di identificare in tempo reale gli eccessi di mortalità associati ad incrementi di temperatura in modo da consentire un'attivazione tempestiva dei piani di risposta. Attualmente il sistema copre 31 città, con 17 sistemi operativi e 14 sperimentali.

A livello nazionale, il Centro Nazionale di Prevenzione degli Effetti del Calore sulla Salute (CNP) coordina il progetto ed è responsabile della rilevazione dei dati, del funzionamento dei sistemi di sorveglianza, nonché dello sviluppo e della produzione

di bollettini di allarme giornalieri. I preallarmi sono distribuiti su tutta la rete in tutti i centri locali, dove il centro locale incaricato (protezione civile, comune ecc) coordina la rete delle informazioni locali e attiva programmi di prevenzione. Insieme ai progetti nazionali e ai sistemi di prevenzione, ogni città è libera di sviluppare e di adottare sistemi di prevenzione locali come ha fatto la città di Torino e la regione Piemonte, Firenze, l'hinterland di Bologna e la regione di Reggio Emilia, mentre in altre città il sistema di prevenzione è in fase di sperimentazione

Dal 2005 il Ministero della Salute ha avviato il "Piano Operativo Nazionale per la Prevenzione degli Effetti del Caldo sulla Salute" i cui obiettivi principali sono la definizione di linee guida per la prevenzione, la definizione di metodologie per l'identificazione della popolazione suscettibile, la creazione di una rete informativa per la diffusione dell'informazione sul rischio previsto dai sistemi di allarme agli operatori della prevenzione ed alla popolazione generale, oltre alla valutazione di efficacia degli interventi predisposti.

L'efficacia di questi interventi va valutata nel tempo ed eventuali modifiche andranno apportate secondo i principi della gestione del rischio. Per questo è necessario sia valutare il processo quanto definire dei criteri di valutazione dell'efficacia delle azioni adottate. Va sottolineato che una informazione per gruppi particolari, come i medici, i gestori di ospedali e case di cura, per i servizi di assistenza sociale e i soggetti fragili, è attualmente programmata.

Inoltre seguendo altri esempi di altri Paesi Europei, sarebbe interessante completare uno screening sulla fattibilità di altri sistemi di allerta (pollini, precipitazioni intense, tempeste, incendi ) per il beneficio della salute in Italia. In questo contesto e per completezza d'informazione è da sottolineare che attualmente anche a livello Europeo mancano piani di azione pratiche e di informazione su come evitare il rischio per la salute da inondazioni ed incendi.

### 5.4.2 Valutazione, monitoraggio e ricerca

Valutare gli impatti del surriscaldamento globale significa capire gli effetti (ricerca), identificare precocemente impatti e monitorare le tendenze che si verificano nel corso del tempo.

#### La ricerca

La ricerca degli effetti del cambiamento sulla salute e gli effetti futuri è ancora molto poco sviluppato. I pochi esempi riguardano soprattutto attività di ricerca europea, tra le quali:

- La Commissione Europea ha finanziato un programma di ricerca cCASHh all'interno del quinto programma quadro per investigare sistematicamente in che modo i cambiamenti climatici influenzano la salute umana, e identificare politiche e strategie per l'adattamento in Europa.
- Il progetto PHEWE, coordinato dal gruppo della ASL3 di Roma ha valutato l'effetto del caldo e del freddo sulla salute includendo 3 città italiane;
- Il progetto EDEN, con partecipazione dell'Istituto Superiore della Sanità, sta valutando gli effetti dei cambiamenti globali sulle malattie da vettori. Risultati finali sono attesi nel 2009.

Nel campo ambientale la partecipazione italiana ai programmi di ricerca è stato molto attivo.

I Progetti condotti a livello internazionale sono numerosi : PREDICATE, DEMETER, EARLINET, FUTURE-VOC, CARBOEUROFLUX, CONECOFOR, RECAP, PRISM MEDACTION, MWISED, MEDRAP, PREDESODI, DESERTLINK, WEYBURN, CIRCE, ENSEMBLES (etc).

E' da sottolineare che manca una banca dati dei risultati finalizzata alla loro disponibilità per paesi o regioni. Le attività svolte nel campo degli studi sugli impatti sono concentrate principalmente sullo studio degli effetti del cambiamento del livello del mare dovuto ai cambiamenti climatici nelle aree costiere italiane. Negli ultimi anni l'Italia ha fatto notevoli progressi nell'analisi dell'ecosistema e soprattutto è stato sviluppato un modello ecologico del mare adriatico per stimare l'impatto dei cambiamenti climatici. L'Italia è attiva nello sviluppo di progetti internazionali atti a ricostruire l'evoluzione della desertificazione nel Mediterraneo attraverso l'analisi di dati proxy. Inoltre, allo studio delle strategie di risposta alla desertificazione e strategie di mitigazione si riallacciano altre attività per la gestione di risorse idriche e agricole in situazione di stress ambientale, sociale ed economica.

Inoltre l'Italia ha stretto anche un Accordo Bilaterale con gli Stati Uniti, nel quale si coopererà per promuovere ricerche scientifiche sulla variabilità climatica, le sue instabilità e le implicazioni ecologiche, tecnologiche e sanitarie.

A livello nazionale le azioni del governo italiano negli anni recenti hanno riguardato anche iniziative fondate ad hoc: il decreto 381/1999 del 1999 ha stabilito una nuova organizzazione di ricerca, l'Istituto Nazionale di Geografia e di Vulcanologia, con particolare attenzione agli aspetti scientifici dei cambiamenti climatici e alla cattura di carbonio applicando un approccio geo-ingegneristico.

Nel 2000, il Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica, (CIPE) ha approvato il Programma Nazionale per la Ricerca, che ha istituito le cifre per il Programma Strategico Sviluppo Sostenibile e Cambiamenti Climatici per fare ricerche in campi quali:

- Lo studio dell'evoluzione della variabilità climatica e gli impatti che essa origina nei settori urbanistici, agricoli e forestali;
- Gli studi regionali sulla variabilità climatica, il modello regionale e gli impatti sugli ecosistemi idrici, risorse ittiche, biodiversità e degradazione del suolo;
- Studi regionali sulla vulnerabilità delle zone costiere e valutazione degli impatti;
- Monitoraggio, valutazione, simulazione e previsioni sull'evoluzione dei sistemi agricoli in relazione ai cambiamenti climatici;
- Carbon sinks;
- Studi sul ciclo del carbonio;
- Sostenibilità delle risorse rinnovabili.

Tale programma strategico per lo sviluppo sostenibile e per i cambiamenti climatici è stato fondato dal Fondo Integrato Speciale per la Ricerca, FISR. Gli impatti sulla salute non sono affrontati direttamente all'interno di tali programmi di ricerca.

Inoltre, un programma di 3 anni, iniziato nel 2006, prevede la creazione di nuove strutture di ricerca, il Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici, CMCC, ossia una rete di Centri di Ricerca Pubblici e Privati concentrato su ricerche condotte sui cambiamenti climatici e sugli impatti dei cambiamenti climatici nell'area mediterranea. Le attività principali di questo programma consistono nello sviluppo di scenari di futuri cambiamenti climatici per il Mediterraneo. Sebbene la salute sia menzionata, il programma allo stato attuale permette soltanto un'analisi molto limitata.

Questo Rapporto ha mostrato che sono disponibili molte informazioni – ma frammentate e disseminate in molti settori e servizi. Inoltre molte di queste informazioni sono scarse in materia di interazione tra cambiamenti climatici e salute umana. Sarebbe interessante creare un sistema di informazione unico integrato che mettea a disposizione i risultati della ricerca per l'Italia. Inoltre vanno sviluppate e attivate attività di ricerca focalizzate maggiormente sugli aspetti di rilevanza per la salute

### **Identificazione precoce degli impatti sulla salute**

Questa attività è utile soprattutto per identificare precocemente gli impatti, in casi di eventi estremi o epidemie, in modo tale da intervenire tempestivamente.

In Italia sono state prese due iniziative, descritte qui di seguito:

Un sistema di mortalità causata dal calore aggiornato in tempo reale. Lo scopo di questo sistema di sorveglianza della mortalità quotidiana è di fornire dati di mortalità in tempo reale al fine di individuare aumenti nella mortalità causata dalle ondate di calore in maniera rapida. I sistemi di sorveglianza della mortalità sono attivi in tutte le città con un sistema di allarme attivo dal periodo dal 15 maggio al 30 settembre. Gli uffici del registro della mortalità locale raccolgono dati anonimi su sesso, età, comune di residenza e di morte. Viene definita una baseline differente da città e città in base ai dati disponibili dei decessi registrati durante i giorni della settimana e i mesi.

La differenza tra baseline e mortalità quotidiana viene calcolata in base al sesso e ai gruppi di età (0-64, 65-74, 75+) per stimare l'eccesso potenziale quotidiano di morti causati dalle alte temperature. Nella maggior parte dei casi nell'arco di 72 ore si riesce a calcolare le cause della morte fornendo un database di alta qualità, prontamente utilizzabile. Da quando il sistema è stato introdotto nel 2004, gli eccessi giornalieri di mortalità sono stati osservati soprattutto nella popolazione oltre i 75 anni di età.

I risultati provenienti dal HHWS e i dati provenienti dal sistema di sorveglianza della mortalità permettono di identificare picchi nella mortalità tra la popolazione residente. L'identificazione immediata di mortalità in eccesso durante il periodo estivo facilita il lavoro di squadre di emergenze attive durante periodi di calore estivo e l'attivazione di piani di risposta rapida alle ondate di calore. Inoltre, i dati

relativi alla mortalità giornaliera vengono inclusi in modelli di previsione per studiare in anticipo la mortalità in relazione alla temperatura prendendo in considerazione i calcoli dei morti dei giorni precedenti. Inoltre, la tendenza della mortalità quotidiana è utile per convalidare HHWWS e la valutazione di programmi di prevenzione.

Il Ministero della Salute italiano controlla un sistema di informazione sulle malattie trasmissibili regolato dal decreto ministeriale del 15 dicembre 1990, attualmente in fase di revisione. Il decreto identifica 5 classi di malattie prioritarie ognuna definita dai tempi e dal metodo di segnalazione. (Tabella 12). La fonte maggiore di informazione sul grado di incidenza delle malattie trasmissibili è il sistema obbligatorio di notifica, che fornisce una notifica immediata non appena si verifica un nuovo caso di malattia trasmissibile nella prima classe, anche se è solo un sospetto del medico curante all'Azienda Sanitaria Locale (ASL) . Ognuna delle 197 ASL tra i suoi compiti, prepara tabelle cumulative e inoltra, per posta ordinaria, la scheda raccolta dati. Ogni mese all'Autorità Sanitaria Regionale, che a sua volta è responsabile dell'inoltro dei dati, rispettando la stessa procedura, alle varie istituzioni centrali (il Ministero della Salute, l'Istituto Nazionale di Statistica, e l'Istituto Nazionale della Sanità ).

L'unità per le Malattie Trasmissibili del Ministero della Salute rileva i dati provenienti da ogni regione italiana, riguardanti le malattie trasmissibili seguendo le procedure del sistema fornito dal Corpo delle Leggi sanitarie e dal decreto del 1990. Il Ministero della Salute riferisce all'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT) solo i casi confermati. Per le classi IV e V delle malattie infettive viene riferito alle autorità sanitarie locali soltanto in caso di scoppio di un'epidemia. Il controllo viene effettuato nel momento in cui si riceve la relazione, attraverso il contatto diretto con la salute pubblica verificando che i criteri di inclusione vengano rispettati, ossia che ci si trovi veramente di fronte all'insorgenza di un'epidemia; nello stesso momento in cui viene verificata la completezza e l'esattezza di un'informazione (compilando tutte le voci della scheda raccolta dati).

Nel sistema in atto si evidenziano delle criticità: le schede raccolta dati per ogni classe di malattia indicata nel decreto italiano (1990) include soltanto dati sulla salute, l'etiologia dell'insorgenza (agenti, periodo di incubazione, durata della malattia), e il campione esaminato dai pazienti e la storia delle persone esposte. Nelle schede raccolta dati non vengono forniti dati di tipo ambientale (tipo e fonte di esposizione, caratteristiche dell'esposizione e della fonte). Sebbene quelli più



significativi vengono inseriti in un database computerizzato dell'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT), il database nazionale (Ministero della Salute) è disponibile soltanto 3-4 anni dopo e non viene effettuato nessun controllo sulla qualità dei dati.

Nel periodo 1997-2001 sono rilevati ogni anno tra i 2 e i 12 episodi, tuttavia non sono stati presi in considerazione a causa dell'alto livello di eterogeneità nei dati regionali. Il decreto italiano (1990) identifica la fonte ed il veicolo di infezione soltanto nel caso di insorgenza. Per pianificare misure preventive che riguardino tutti gli attori istituzionali non sono stati utilizzati dati. Nella maggior parte delle regioni, tutti i dati vengono registrati manualmente su copia stampata. In Italia le malattie non soggette ad obbligo di denuncia non vengono monitorate. Attualmente si sta implementando un progetto per creare un osservatorio nazionale sull'acqua e la salute per razionalizzare ed integrare sistemi di informazioni a livello nazionale (Osservatorio Italiano Acqua e Salute). Il progetto dovrebbe contribuire a razionalizzare ed a integrare il sistema di sorveglianza di malattie veicolate all'acqua.

**Tabella 12: Malattie trasmissibili inserite nel Decreto Italiano (1990)integrato sinotticamente nel sistema di reporting dell'OMS**

AGENT	ITALIAN DECREE (1990) DISEASE	WATER-BORNE REPORTING (WHO)
<p><b><i>Vibrio Cholerae</i></b>  <i>Flavivirus</i>  <i>Borrelia recurrentis</i>  <b><i>arenaviruses, filoviruses, bunyaviruses, and flaviviruses</i></b>  <b><i>Lassa virus</i></b>  <b><i>Marburg virus</i></b>  <i>Ebola-virus</i>  <b><i>Yersinia pestis</i></b>  <b><i>Poliovirus 1-2-3</i></b>  <b><i>Rickettsia prowazekii</i></b>  <b><i>Clostridium botulinum</i></b>  <i>Corynebacterium diphtheriae</i>  <i>Orthomixovirus (types A, B, and C)</i>  <i>Lyssavirus</i>  <i>Clostridium tetani</i>  <i>Trichinella spiralis</i></p> <p><i>Neisseria gonorrhoeae</i>  <b><i>Brucella melitensis, Brucella abortus suis</i></b>  <b><i>Escherichia coli</i></b>  <b><i>Giardia lamblia</i></b>  <b><i>Cryptosporidium</i></b>  <b><i>Escherichia coli (ETEC, EPEC, EIEC, EHEC)</i></b>  <b><i>Enterovirus Hepatitis A</i></b>  <b><i>Hepatitis B virus (HBV)</i></b>  <b><i>Hepatitis C virus (HCV)</i></b>  <b><i>hepatitis E virus (HEV), Hepatitis G</i></b>  <b><i>Salmonella typhi, Salmonella paratyphi A-B-C</i></b>  <b><i>Legionella pneumophila</i></b>  <b><i>Protozoa Leishmania</i></b>  <b><i>Leishmania</i></b>  <b><i>Leptospira interrogans</i></b>  <b><i>Listeria monocytogenes</i></b>  <b><i>herpes simplex viruses, arboviruses and enteroviruses</i></b>  <b><i>Neisseria meningitidis</i></b>  <i>Paramixovirus (Morbillivirus)</i>  <i>Paramixovirus (Mumps virus)</i>  <i>Bordetella pertussis</i>  <i>proteobacteria Rickettsia</i>  <i>Rubivirus</i>  <b><i>Enterobacteriaceae</i></b>  <i>Group A streptococcal infection</i>  <i>Treponema pallidum</i>  <b><i>Pasteurella tularensis</i></b>  <i>Varicella-zoster virus (VZV)</i></p> <p><i>H.I.V. 1 e 2</i>  <i>Mycobacterium laprae</i>  <i>Plasmodium vivax, Plasmodium falciparum, Plasmodium malariae</i>  <i>M. avium complex, M. kansasii, M. abscessus, etc.</i>  <i>Mycobacterium tuberculosis, M. bovis e M. leprae</i></p> <p><b><i>Microsporium, Trichophyton and Epidermophyton.</i></b>  <b><i>Campylobacter, Salmonella, E. coli O157:H7, Norwalk-like viruses</i></b>  <i>Pediculus humanus capitis</i>  <i>Sarcoptes scabiei</i></p> <p><b><i>Campylobacter</i></b>  <b><i>Caliciviridae (Norwalk-like viruses)</i></b></p>	<p><b>CLASS I</b>  <b>1) cholera</b>                  2) yellow fever                  3) epidemic recurrent fever  <b>4) viral haemorrhagic fever</b>  <b>Lassa</b>  <b>Marburg</b>                  Ebola  <b>5) bubonic plague</b>  <b>6) poliomyelitis</b>  <b>7) Epidemic typhus</b>  <b>8) Diphtheria</b>                  9) Diphtheria                  10) viral flu                  11) rabies                  12) tetanus                  13) trichinosis  <b>CLASS II</b>                  14) gonorrhoea  <b>15) brucellosis</b>  <b>16) diarrhea</b>  <b>Giardiasis</b>  <b>Cryptosporidiosis</b>  <b>Enteric E. coli or Diarrheal diseases</b>  <b>17) hepatitis A</b>  <b>18) hepatitis B</b>  <b>19) hepatitis C</b>  <b>20) hepatitis not specified</b>  <b>21) thypoid fever</b>                  22) legionellosis  <b>23) leishmaniasis cutaneous</b>  <b>24) leishmaniasis visceral</b>  <b>25) leptospirosis</b>  <b>26) listeriosis</b>  <b>27) brain fever</b>  <b>28) bacterial meningitis</b>                  29) measles (rubeola)                  30) mumps (epidemic parotitis)                  31) pertussis (whooping cough)                  32) rickettsioses                  33) rubella (german measles)  <b>34) nontyphoid salmonella</b>                  35) scarlet fever                  36) syphilis  <b>37) tularemia</b>                  38) Chickenpox  <b>CLASS III</b>                  39) AIDS                  40) hansen's disease                  41) malaria                  42) Mycobacteria other than tuberculosis                  43) tuberculosis  <b>CLASS IV</b>  <b>44) dermatophytosis</b>  <b>45) food illness and infections</b>                  46) pediculosis                  47) scabies  <b>CLASS V</b>  <b>ZOONOSIS (DPR 1954, n. 320)</b>  <b>Campylobacteriosis</b>  <b>Calicivirus infections</b></p>	<p>primary importance</p> <p>symptoms of diseases of unknown aetiology                  symptoms of diseases of unknown aetiology                  symptoms of diseases of unknown aetiology</p> <p>symptoms of diseases of unknown aetiology                  primary importance                  symptoms of diseases of unknown aetiology</p> <p>symptoms of diseases of unknown aetiology                  primary or secondary importance                  secondary importance                  secondary importance for WHO                  primary importance for WHO                  primary importance for WHO                  symptoms of diseases of unknown aetiology</p> <p>symptoms of diseases of unknown aetiology                  primary importance for WHO                  symptoms of diseases of unknown aetiology                  symptoms of diseases of unknown aetiology                  symptoms of diseases of unknown aetiology                  symptoms of diseases of unknown aetiology                  symptoms of diseases of unknown aetiology                  symptoms of diseases of unknown aetiology</p> <p>symptoms of diseases of unknown aetiology</p> <p>symptoms of diseases of unknown aetiology</p> <p>symptoms of diseases of unknown aetiology</p> <p>secondary importance                  secondary importance                  secondary importance</p>

I nuovi regolamenti internazionali sulla salute entreranno in vigore a giugno di questo anno. Ciò richiederà una denuncia obbligatoria di alcune malattie e sindromi esistenti in Europa in 24 ore.

### **Regolamenti internazionali sulla salute (2005)**

A maggio del 2005, i 192 stati membri dell'OMS hanno adottato all'unanimità una versione rivista e aggiornata dei Regolamenti Internazionali sulla Salute (RIS 2005), che costituiscono l'unico quadro legale atto a regolamentare lo scoppio di epidemie a livello internazionale. I regolamenti avvertono l'aumento sia della minaccia delle malattie infettive in termini quantitativi, che perciò devono essere monitorate, sia il rischio che emergano nuove malattie. Di conseguenza sono state prese misure per combattere tali fenomeni, coinvolgendo tutte le emergenze della sanità pubblica a livello internazionale, anche quelle che riguardano le malattie causate da agenti chimici e materiali radionucleari. In secondo luogo, sono stati ristretti i requisiti di registrazione e i tempi, riflettendo il senso di urgenza e la maggior velocità permessa dalle comunicazioni elettroniche. In terzo luogo, in molti paesi sono state messe in atto procedure per compensare le ricerche non soddisfacenti e le capacità di risposta. Il lavoro attuato dai gruppi di risposta di GOARN viene pienamente riconosciuto. I regolamenti riconoscono inoltre che rafforzare le capacità nazionali è la soluzione migliore, in quanto esse mirano a rilevare ed a fermare l'insorgenza alla fonte, in un allegato vengono inseriti i requisiti di capacità basilari di sorveglianza e di risposta in ogni singolo paese. I regolamenti riconoscono anche che le relazioni dei media potrebbero ottenere una notifica ufficiale di un evento, e includono previsioni per azioni OMS in una situazione simile. Infine, assegnando responsabilità e stabilendo regole e procedure concertate a livello internazionale, i regolamenti possono esercitare pressione su nazioni che non si conformano ai requisiti richiesti. RIS entreranno in vigore a giugno 2007.

### **Il monitoraggio degli impatti sulla salute dei cambiamenti climatici**

Monitorare significa "osservare continuamente o ripetutamente, misurare e valutare i dati sulla salute e/o sull'ambiente per scopi ben precisi, seguendo schede preesistenti nello spazio e nel tempo, usando metodi di paragone per la rilevazione di dati (IUPAC Glossary Draft)". Il monitoraggio della salute e dei cambiamenti climatici dovrebbe essere in grado di individuare gli impatti iniziali che i cambiamenti climatici hanno sulla salute, di migliorare l'analisi quantitativa delle relazioni tra clima e salute, di migliorare l'analisi della vulnerabilità ai cambiamenti climatici, di favorire le previsioni dei futuri impatti che i cambiamenti climatici avranno sulla nostra salute, e di convalidare le previsioni future.

In occasione dell'incontro del 2001 dell'Organizzazione Mondiale della Sanità per il monitoraggio clima-salute sono stati discussi diversi criteri. I criteri principali sono la **sensibilità al clima**, dimostrata o attraverso l'osservazione di effetti della variazione climatica temporale o geografica sulla salute, o attraverso la prova degli effetti climatici (ad es. temperatura, piogge, umidità ecc.) sui componenti del processo della trasmissione di malattie sul campo o nel laboratorio. Per quanto riguarda le malattie infettive, informazioni dettagliate dei cicli di trasmissione sono essenziali nel processo di selezione delle malattie prioritarie. Gli effetti dei cambiamenti climatici probabilmente sono più profondi per le malattie causate da

organismi che si riproducono al di fuori del corpo umano (laddove saranno soggette alle condizioni ambientali), e saranno meno importanti e/o difficili da scoprire per quelle malattie in cui è comune la trasmissione da uomo a uomo. Il monitoraggio dovrebbe essere rivolto preferenzialmente verso **minacce significative** per la salute pubblica. Queste potrebbero essere le malattie con una prevalenza forte e/o gravità o quelle considerate più probabili a diventare prevalenti in condizioni di cambiamenti climatici. La sorveglianza normalmente riguarda quelle malattie infettive che prevedono una strategia preventiva, come il vaccino.

Tuttavia, potrebbe anche essere utile considerare altre malattie, laddove siano disponibili dati di alta qualità, al fine di esaminare i metodi usati per individuare prove dei cambiamenti climatici, stabilire la plausibilità dei metodi/compiti/questioni e fornire prove dei primi effetti dei cambiamenti climatici sulla salute umana. Si dovrebbe prendere in considerazione l'ipotesi che un sistema proposto possa generare i dati necessari per permettere una chiara analisi della sensibilità climatica, dati i potenziali problemi della quantità, qualità ed attendibilità dei dati. Il sistema deve essere **sostenibile** a lungo termine. Le reti sono sostenibili soltanto quando un intento comune e vengono costantemente rafforzati obiettivi e finalità comuni. La tabella 13 mostra la lista esaustiva dei criteri impiegati per il monitoraggio.

**Tabella 13: Criteri di selezione delle potenziali malattie per la sorveglianza ai cambiamenti climatici**

Criteria	Motivo di importanza	Note
Adatto ad un monitoraggio continuo	E' necessario un periodo di tempo per la comparsa con fattori climatici	Infezioni a bassa frequenza adatte ad un monitoraggio dettagliato ad es. legionella
Etiologia stabilita	Necessità di distinguere gli effetti diretti del clima da altri fattori noti	Etiologia stabilita per le infezioni più diffuse
Fonti ambientali	Infezioni con etiologia ambientale forte influenzate più probabilmente da fattori climatici quali variazioni termali/piovosità ed eventi estremi ad es. Inondazioni e ondate di calore	Particolari malattie veicolate dall'acqua ed altre sensibili ai cambiamenti di temperatura
Bassa o nessuna trasmissione da caso a caso	Rafforza associazioni con esposizione ambientale	Ad es. malaria, campilobatterio, encefalite da zecche
Sostenibile	Sorveglianza da non considerarsi economicamente vantaggioso per infezioni che non vengono	Need to agree surveillance priorities and to examine feasibility of using existing

	misurate con frequenza, o quelle che hanno poca rilevanza clinica; metodi di controllo possono essere considerati	surveillance systems
Rete europea già esistente	Aumenta la fattibilità	Ad es. ENTERNET per Salmonella, E. coli e EWGLI per la legionella. Integrazione di reti europee già esistenti considerate dal Parlamento Europeo, OMS Euro per associare
Malattia presente in Europa	Aumenta la fattibilità	Infezioni relative ai viaggi o infrequenti quali il colera
Salute pubblica e misure di prevenzione disponibili	Giustifica gli impegni	Es. vaccini o misure di controllo quali misure igieniche migliorate e controlli della temperatura dei cibi

Fonte: OMS Euro, 2001

Per molte malattie veicolate dal cibo, dall'acqua o dai vettori, il vantaggio di dati disponibili di monitoraggio è limitata da:

- Variazioni temporali e geografiche nelle diagnosi, definizione dei casi e completezza di accertamento dei casi, e elaborare un rapporto sull'efficienza
- Mancanza di registrazioni e quantificazioni accurate degli effetti dei fattori causali non climatici e di adozione di strategie
- Risoluzione temporale o geografica insufficiente dei dati sulla salute e suoi rischi non climatici e suoi fattori protettivi

Uno degli obiettivi più importanti per il monitoraggio futuro dovrebbe essere affrontare (e superare) questi limiti. In alcuni casi ciò può essere raggiunto attraverso la revisione di dati sulla salute già esistenti e collegamenti ai dati storici climatici. Per molte malattie suscettibili al clima, tuttavia, la quantità o la qualità dei dati disponibili preclude tale approccio. Dalla relazione disponibile abbiamo concluso che in alcuni casi, un rafforzamento dei sistemi di monitoraggio esistenti sarebbe una possibilità utile per continuare a monitorare le tendenze oltre il tempo previsto.

Al momento in Italia vengono monitorati soltanto gli impatti delle ondate di calore sulla salute umana. Un'analisi sul fattore temporale dei dati sulla mortalità giornaliera per pochi anni (4-10) forniscono una stima della mortalità attribuibile alle temperature alte e basse. Sono facilmente reperibili lunghe serie di dati meteorologici rilevati quotidianamente: se integrati con modelli di relazioni tra

temperatura e mortalità, tali dati possono essere utilizzati per fornire stime quantitative dell'impatto sulla mortalità attribuibile al calore in un cambiamento nella frequenza di giorni "caldi".

Il monitoraggio dei parametri climatici è molto più avanzato.

L'APAT, nel quadro del sistema ambientale nazionale, sviluppa, in collaborazione con il servizio meteorologico nazionale, iniziative ad hoc per implementare informazioni climatiche nell'ambito del progetto SCIA. L'obiettivo è quello di stabilire una procedura comune per calcolare, aggiornare e rappresentare dati climatici e le loro tendenze. Le principali variazioni meteo-climatiche prese in considerazione sono: temperatura, temperatura prevista, temperatura potenziale equivalente, precipitazione, relativa umidità, vento, bilancio idrico, indice bioclimatologico, insolazione, potenziale evapotraspirazione, gradi giorno, nebbia e visibilità, nuvolosità, pressione atmosferica, radiazioni globali. Per ogni variabile sono calcolati indicatori di 10 giorni, mensili ed annuali e si rendono disponibili su internet.<http://www.scia.sinanet.apat.it> La seconda relazione del 2006 è ancora in fase di preparazione.

Alcuni sistemi esistenti potrebbe essere estesi per valutare gli effetti del clima sulla salute: Stime attuali degli impatti futuri del cambiamento climatico sulle concentrazioni di inquinamento atmosferico, basate su un modello atmosferico (su larga scala) indicano che, per l'Europa, gli episodi di inquinamento estivo dell'ozono troposferico e l'inquinamento PM potrebbero aumentare. E' stato suggerito di monitorare le concentrazioni di ozono e di PM durante il periodo estivo e di associare gli effetti che si ripercuotono sulla salute nei centri urbani presenti sul territorio italiano, in modo da rilevare un indicatore per "episodi di ozono" che combini un componente per la temperatura.

Nel rapporto del OMS sono stati identificati il monitoraggio di salmonella e campylobacter, cryptosporidia, verotoxin-producente E coli (VTEC) e shigella. In Italia esistono due sistemi per sorvegliare la salmonellosi: il Sistema di Sorveglianza Nazionale basato su una serie di laboratori, creato nel 1967 per i Batteri enteropatogenici e successivamente, nel 1992, è diventato parte del Sistema di Sorveglianza basato sul Laboratorio Europeo, il SALM-NET (rete di sorveglianza salm-net); e successivamente il Sistema di Sorveglianza Nazionale delle Malattie Infettive, istituito negli anni '30, aggiornato nel 1990 ed utilizzato, dal 1994, di concerto con il Sistema Informativo delle Malattie Infettive (Scuderi, 2000). Attualmente, i dati sono stati resi disponibili dal Ministero della Salute. In

Italia finora non sono ancora stati condotti studi per collegare i tassi dei cambiamenti climatici con la salmonella ed altre malattie infettive enteriche. I dati rilevati finora potrebbero essere utilizzati per dosare le relazioni tra causa ed effetto e per fare una previsione sui futuri casi di cambiamenti climatici.

Secondo un indagine del OMS, in Italia 100% della popolazione urbana e 97% della popolazione rurale hanno accesso ha sistemi idrici. Il 20% delle acque di balneazione non soddisfano i standard di acque di balneazione. Il 70% della popolazione è collegato ha sistemi di acque reflue ([www.euro.who.int](http://www.euro.who.int)) L'osservazione dei pericoli endemici delle malattie connesse all'acqua è importante per stabilire obiettivi globali e monitorare i progressi realizzati verso tali obiettivi.

Uno degli strumenti attualmente entrato in vigore in Europea e il Protocollo Acqua e Salute della Convenzione sulla Protezione e sull'Uso di Corsi d'acqua e dei laghi internazionali. Fra i suoi obiettivi c'è la protezione della salute umana attraverso il miglioramento della gestione e della prevenzione, controllo e riduzione delle malattie correlate all'uso delle acque e veicolate dall'acqua, il (Tabella 14). L'Italia non ha ancora ratificato il protocollo, tuttavia è attivamente coinvolta in tutti gli impegni tecnici istituiti dal protocollo e dalla sua implementazione, incluso lo sviluppo del programma di lavoro per il periodo 2007-2009.

### **Protocollo sull'acqua**

Il Protocollo delle Nazioni Unite sull'acqua potabile e la Convenzione sulla Protezione e l'Uso dei Corsi d'Acqua Transfrontalieri ed I Laghi Internazionali della Commissione Economica per l'Europa delle Nazioni Unite richiedono ai paesi di mettere in atto misure appropriate per il raggiungimento di:

- Approvvigionamenti adeguati di acqua potabile sana
- strutture sanitarie sufficientemente adeguate a proteggere la salute umana e l'ambiente
- protezione efficace delle risorse idriche utilizzate come risorse di acqua potabile e dei relativi ecosistemi dall'inquinamento
- salvaguardia adeguata della salute umana contro malattie collegate all'acqua
- sistemi efficaci di sorveglianza e risposta ad epidemie o episodi accidentali di insorgenza di malattie correlate all'uso dell'acqua

**Tabella 14: Priorità delle malattie veicolate dall'acqua nel Protocollo Acqua e Salute**

<b>Malattie</b>	<b>Protocol Water and Health</b>
colera	Diseases of primary importance
bacillary dysentery (Shigellosis)	Diseases of primary importance
enterohemorrhagic Escherichia coli (EHEC)	Diseases of primary importance
typhoid fever	Diseases of primary importance
viral hepatitis A	Diseases of primary importance
campylobacteriosis	Disease and infections of secondary importance
cryptosporidiosis	Disease and infections of secondary importance
giardia intestinalis	Disease and infections of secondary importance
calicivirus	Disease and infections of secondary importance
acute gastrointestinal diseases	Symptoms of diseases of unknown aetiology
severe and acute diarrhoea	Symptoms of diseases of unknown aetiology
vomiting	Symptoms of diseases of unknown aetiology
continuous fever	Symptoms of diseases of unknown aetiology
bradycardia	Symptoms of diseases of unknown aetiology
jaundice	Symptoms of diseases of unknown aetiology

La responsabilità di coordinare la sorveglianza delle malattie veicolate dall'acqua varia da paese a paese dell'Unione Europea. Nella maggior parte dei paesi la sorveglianza delle malattie veicolate dall'acqua è regolata dalla legislatura nazionale, in quanto viene considerata parte del Servizio Sanitario Nazionale. Sarebbe interessante includere i dati meteorologici e stabilire alcuni studi a lungo termine per capire se si verificano cambiamenti nei picchi stagionali, e nella distribuzioni delle malattie.



### 5.4.3 Sviluppo delle politiche ambientali e del territorio

Adottare politiche ambientali significa informare, creare partenariati e sviluppare politiche in tale ambito.

#### **Informare**

Il documento chiave di riferimento in tema di azioni per educare, formare e sensibilizzare l'opinione pubblica sul tema dei cambiamenti climatici è la delibera n. 218/99 del 21/12/1999 del CIPE (Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica), avente l'obiettivo di definire un piano di azioni per le informazioni ambientali nel campo dei cambiamenti climatici. Questo piano d'azione prevede in particolare:

- presentare e divulgare i documenti più importanti dell'IPCC e del UNFCCC, unitamente ai documenti provenienti dall'Italia e dai programmi che riguardano l'implementazione di obblighi stabiliti nell'ambito del UNFCCC e del Protocollo di Kyoto,
- Divulgare informazioni scientifiche sulla vulnerabilità dell'Italia in relazione agli scenari dei cambiamenti climatici futuri,
- Divulgare informazioni tecniche sull'efficienza energetica dei processi industriali, dei prodotti e degli usi finali;
- Promuovere programmi di informazione a livello locale atti a promuovere la divulgazione di pratiche e tecniche migliori per i risparmi energetici adottati dalle amministrazioni locali. Il capitolo espone in breve anche azioni intraprese dai governi centrali e locali, in particolare in collaborazione con organizzazioni e reti comunali come l'ICLEI, Alleanza Climatica e Coordinamento dell'Agenda Locale 21 e iniziative promosse dalle ONG ambientali.

Le attività sinora non riguardano l'informazione sistematica sull'impatto dei cambiamenti climatici sulla salute.

ONG come WWF- Italy, Legambiente, Amici della Terra, sponsorizzati direttamente da associazioni che si occupano dei temi ambientali, svolgono un ruolo importante nel processo di informazione ai cittadini e incentivare la loro partecipazione alle decisioni circa le iniziative per mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici. E' necessario rinforzare e finanziare, eventualmente attraverso il lavoro di esperti, per sostenere campagne di sensibilizzazione, simili a quelle già attuate dall'ICLEI

(Consiglio Internazionale per le Iniziative Ambientali Locali), Alleanza Climatica e Coordinamento dell'Agenda locale 21. Inoltre, le ONG svolgono un ruolo fondamentale in quanto definiscono programmi per promuovere risparmi energetici, istruzione, formazione e sensibilizzazione, la creazione di pozzi e cambiamenti nello stile di vita. E' necessario agire in sinergia tra tali programmi e gli obiettivi generali per implementare il Protocollo di Kyoto.

ENEA ha fondato il primo Museo vivente della tecnologia ambientale, il quale, tra le sue attività, incentiva la sensibilizzazione pubblica sui cambiamenti climatici. Esso è caratterizzato da una struttura innovativa, che conduce i suoi visitatori attraverso diverse sezioni interattive intrattenendoli con giochi multimediali, esperimenti scientifici e affascinanti spettacoli. ENEA ha dato il suo contributo tecnico-scientifico, istituendo la sezione "clima ed energia", la quale mira a semplificare la comprensione e l'approccio di tematiche considerate difficili e di non chiara comprensione. L'obiettivo è quello di spiegare al pubblico il significato dei concetti di "cambiamenti climatici" ed "temi connessi all'energia. In tal modo si tenta di aumentare la consapevolezza degli sviluppi insostenibili e delle responsabilità, sia individuali, sia collettive, ad essi collegate.

Anche le tematiche che ruotano intorno alla salute potrebbero essere incluse in questo tipo di attività.

Dal punto di vista della salute pubblica, la riduzione delle malattie collegate al clima richiede compiere maggiori sforzi verso la creazione di partenariati tra diversi attori (climatologi, epidemiologi, regioni, comuni, etc). Un esempio interessante è stato intrapreso all'interno del programma di prevenzione nazionale per la definizione degli effetti del calore sulla salute del Centro Nazionale per la Prevenzione e il Controllo delle malattie (CCM) del Ministero della Salute Italiano. Lo scopo è di coinvolgere più attori possibili (medici di base, ASL, comuni, servizio sociale, etc). Esempi come questo potrebbero essere estesi anche su altri impatti sanitari, come quello legato all'inquinamento atmosferico.

### **Politiche ambientali per implementare programmi nazionali di adattamento**

Nel corso del 2007 verrà pubblicato il nuovo libro verde europeo sull'adattamento ai cambiamenti climatici, mentre negli Stati Membri è in applicazione la direttiva SEA 2001/42/EC dell'Unione Europea per istituire piani e programmi. Entrambe le iniziative offrono l'opportunità di rafforzare la capacità della Comunità Europea di creare politiche in tema di salute, per valutare gli impatti delle politiche relative ad

altri settori, per rafforzare la capacità della comunità di fare politiche in tale ambito, collegando l'azione all'area di possibile regolazione.

In Italia i cambiamenti climatici sono stati definiti una priorità del programma dell'attuale governo.

In tale contesto il Ministero dell'Ambiente, della tutela del Territorio e del Mare ha pianificato la realizzazione della Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici, che si terrà a Roma nel settembre 2007. Essa si concentrerà prevalentemente sullo sviluppo e la programmazione di strategie nazionali di adattamento, atte a far fronte agli obiettivi dello sviluppo sostenibile. Tale appuntamento nazionale raccoglierà i risultati di workshop tecnici ad hoc su tematiche ambientali connesse ai cambiamenti climatici in Italia quali :

- Desertificazione (Alghero, 21 e 22 giugno 2007);
- Ambiente marino-costiero (Palermo, 27 e 28 giugno 2007)
- Ghiacciai e aree a rischio di deglaciazione (Saint Vincent, 2-3 luglio 2007)
- Dissesto idrogeologico (Napoli, 9-10 luglio 2007)
- Bacino del Po (Parma, 16 luglio 2007).

I workshops, sono stati volutamente pianificati a livello locale per dar luogo a discussioni e per apportare contributi produttivi alle attività delle autorità locali e delle agenzie ambientali. Tutti i workshops si concentreranno sulle strategie dell'adattamento e sul delineamento di fattibilità dell'adattamento. Per questo scopo anche tutti gli argomenti socio-economici quali la salute, il turismo, l'agricoltura saranno ospitati nelle sessioni dei workshop. I risultati saranno riportati in relazioni tecniche che verranno discusse alla Conferenza nazionale programmata per il settembre 2007.

Sarà importante assicurare che argomenti quali la salute ed il costo dell'inazione siano presenti all'interno delle attività individuati.

Inoltre ai fini della tutela della salute pubblica sarebbe apprezzabile rivedere alla luce delle conoscenze del rischio meteo-climatico, come suggerito nel progetto cCASHh, il livello di implementazione di alcune politiche con fini di tutela sanitaria in particolare: la Direttiva sul inquinamento atmosferico, le Direttive sul trattamento

delle acque reflue, le Direttive sulle acque di balneazione, la legislazione sulla qualità del cibo, l'implementazione del RIS e molti altri.

Alcuni progetti Europei, come EuroHEAT, hanno inoltre sottolineato che per agire e ridurre gli effetti del calore sulla salute pubblica, non basta di agire solo con interventi destinati a gestire l'emergenza, ma va ripensato come l'architettura e la pianificazione urbanistica possa ridurre l'effetto del calore sulla salute (per approfondimenti vedi *Heat waves: risks and responses, WHO 2003*).

#### **5.4.4 Sistemi informativi integrati**

Si auspica che vengano implementate le attività di sviluppo d'informazione integrata con l'inserimento delle tematiche ambientali e sanitarie associate al clima, in particolare:

- (a) negli atti d'indirizzo e norme che regolano l'informazione ambientale e sanitaria includere la vulnerabilità in termini di salute potrebbe essere un obiettivo importante;
- (b) molta ricerca europea è stata anche eseguita in Italia: la creazione di una banca dati conoscitiva dei risultati e degli studi potrebbe facilitare in generale la comprensione degli effetti del cambiamento climatico e, più specificatamente, quelli sulla salute
- (c) Implementare ed ampliare l'informazione sul rischio cambiamento climatico per i servizi sanitari – oltre a quelli generati dalle ondate di calore.

#### **5.4.5 Programmazione dei servizi**

Nel futuro in particolare in primavera e l'estate la programmazione dei servizi sanitari sui potenziali rischi – ondate di calore, malattie trasmesse dall'acqua e balneazione', intossicazioni alimentari, malattie trasmesse da vettori – potrebbe divenire sempre più necessaria. Un interessante approccio è stato scelto in tale senso dal Centres of Disease Control e dalla Health protection Agency in Inghilterra, che hanno attivato una rete di informazione e delle attività di promozione per la salute prima dei mesi estivi. Questo include (a) informazione alle popolazioni (b) programmazione delle risorse umane (c) revisione delle infrastrutture sanitarie (es. stanze climatizzate per l'estate) e una (d) revisione della qualità dei servizi durante l'estate.

In materia di cambiamenti climatici molti sono i rischi potenziali. Per questo motivo è importante non aspettare che un evento avvenga ma essere preparati per contrastare o limitare gli effetti dell'evento.

## **6 Conclusioni**

**di  
Bettina Menne e Luciana Sinisi**

## 6 Conclusioni

Questo rapporto vuole essere una prima analisi finalizzata alla comprensione di quali sono e potrebbero essere i rischi potenziali per la salute umana negli scenari di esposizione in Italia conseguenti a cambiamenti climatici, variabilità del clima e gli associati eventi estremi, nonché all'implementazione della base conoscitiva utile alla pianificazione delle misure di adattamento e prevenzione ambientale e sanitaria che i nuovi scenari richiedono. Mancando una valutazione sistematica degli impatti del cambiamento e della variabilità del clima sulla salute, ci si è basati su una valutazione esperta dei dati ambientali e meteorologici disponibili nonché di quelli della ricerca internazionale e nazionale afferente alla materia clima e salute.

Le conoscenze acquisite comunque hanno consentito di configurare un quadro di rischi ambientali e sanitari e, allo stesso tempo, di fornire alcune importanti indicazioni sugli impatti e le possibili azioni, con particolare riferimento alla salute umana consentendo di addivenire alle considerazioni che seguono.

### **ESPOSIZIONE METEO CLIMATICA OSSERVATA E POTENZIALI SCENARI**

**Negli ultimi anni, è divenuto ormai evidente che il clima globale sta cambiando.**

Anche l'Italia è già colpita dai cambiamenti climatici: è già osservabile un aumento della temperatura. La diminuzione delle giornate piovose su tutto il territorio nazionale sembra essere statisticamente significativa; contemporaneamente è stato osservato un aumento dell'intensità delle precipitazioni nelle regioni settentrionali e meridionali. Dal 1981 al 2004 il numero delle notti tropicali (temperatura minima > 20°C) è aumentato; durante tutto il periodo si è potuto rilevare un aumento netto del 14% nel numero di giornate estive (temperatura massima > 25°C). Fra il 1961 e 2004, si è evidenziata una variazione del -0.25 dei giorni di gelo (temperatura minima ≤ 0°C) all'anno corrispondenti ad una riduzione media di circa il 20% dei giorni di gelo negli ultimi 43 anni.

**E' ragionevole ritenere che l'Italia subirà un riscaldamento maggiore negli anni a venire.** L'analisi degli scenari mostra anche una probabile diminuzione delle precipitazioni invernali nella regione Mediterranea e nell'Italia settentrionale ed un contemporaneo aumento della frequenza di precipitazioni estreme. Inoltre, è previsto un aumento della frequenza delle giornate calde e torride assieme ad una

diminuzione del numero delle giornate di gelo. Altro dato significativo è la previsione di un ulteriore aumento della temperatura del mare. I modelli utilizzati mostrano che la distribuzione del riscaldamento estivo è molto simile a quella anomala dell'estate del 2003. E' possibile speculare che il riscaldamento medio indicato da molti modelli predittivi accadrà probabilmente attraverso cambiamenti nella frequenza e magnitudine delle anomalie stagionali simili a quella del 2003.

**Le emissioni di gas-serra sono in aumento.** L'IPCC ha concluso che le concentrazioni atmosferiche globali di anidride carbonica, metano ed ossido d'azoto sono cresciute dal 1750 in maniera significativa a causa delle attività umane. La maggior parte dell'aumento osservato nelle temperature medie globali dalla metà del 20mo secolo è molto probabilmente dovuta all'aumento rilevato nelle concentrazioni di gas ad effetto serra di origine antropica. Il contributo italiano è pari a circa l' 11% dell'equivalente di emissioni di gas serra in Europa e a circa il 2% delle emissioni globali. Tra il 1990 ("anno base") e il 2005 le emissioni complessive di gas serra in Italia sono aumentate del 12.1% (in CO<sub>2</sub>equivalente, escludendo le emissioni e le rimozioni di CO<sub>2</sub> dalle variazioni dell'uso del suolo) da 519,5 a 582,2 milioni di tonnellate in CO<sub>2</sub> equivalente. L' UNFCCC e il Protocollo di Kyoto hanno stabilito l'obbligo per l'Italia di ridurre, nel periodo 2008-2012, le emissioni di gas serra a livello nazionale al 6,5% rispetto al livello base del 1990. L'Italia è lontana dal raggiungimento di questo obiettivo, infatti le emissioni sono in costante aumento dal 1997, sebbene tra il 2004 e il 2005 il tasso di aumento si era attestato allo 0,3% (APAT, 2007a). Energia (32%) e trasporto (26%) sono i settori che maggiormente contribuiscono alle emissioni di CO<sub>2</sub>.

**I cambiamenti osservati nel sistema climatico hanno già impatti su molti sistemi fisici e biologici e su alcuni settori economici. Alcuni di essi probabilmente aumenteranno nelle decadi a venire.**

La disponibilità di acqua nei periodi di prolungata siccità ha già creato problemi nelle Regioni Meridionali ed insulari. Ulteriori diminuzioni nelle precipitazioni cumulate medie con ulteriore aggravio della situazione potrebbe richiedere l'implementazione di pratiche tecnologiche finalizzate al riuso ma, soprattutto, richiama fortemente l'attenzione su una gestione sostenibile della risorsa. Le proiezioni degli studi dell'INGV<sup>10</sup> hanno stimato che lo stress idrico potrebbe aumentare del 25% durante questo secolo.

---

<sup>10</sup> Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia ora parte del Centro Euromediterraneo per i Cambiamenti Climatici



L'aumento della temperatura dell'acqua provoca cambiamenti termo-energetici nei laghi, con una maggiore crescita di alghe e cianobatteri. L'aridità del suolo è aumentata e le aree di sensibilità alla desertificazione attualmente interessano le principali regioni dell'Italia meridionale come Sicilia, Sardegna, Puglia, Basilicata e Calabria.

Negli ultimi 20 anni gli incendi hanno interessato 1.100.000 ettari di foreste in Italia. Durante l'anno caldo del 2003, sono stati registrati un totale di 9.697 incendi riguardanti più di 91.000 ettari di territorio. La superficie coinvolta solo negli incendi estivi (da giugno ad agosto) è di oltre 70.000 ettari. E' da prevedere l'allungamento del periodo di crescita in ragione di 10-15 giorni per ogni grado di aumento della temperatura media annuale e la conseguente riduzione dei periodi invernali freddi. Gli olivi, gli agrumi e la coltivazione dell'uva saranno favoriti al Nord, mentre le coltivazioni di grano saranno svantaggiate al Sud. Complessivamente gli ecosistemi stanno migrando verso latitudini (Nord) e quote più alte: circa 100 km verso nord e i 150 metri in altezza per ogni grado di aumento nella temperatura media annuale. Tali movimenti rappresentano un ulteriore rischio di squilibrio sia per gli ecosistemi ospitanti le nuove specie sia per quelli preesistenti nel livello di latitudine e quota di base. a causa delle caratteristiche orografiche del territorio e delle diverse velocità di migrazione delle differenti specie.

Altri cambiamenti importanti potrebbero accadere in relazione alla concentrazioni degli inquinanti atmosferici e, in particolare all'aumento dell'ozono troposferico nel periodo estivo.

La temperatura più elevata può favorire la degradazione dei pesticidi e, inoltre, l'alterato pattern della piovosità e l'incremento dell'aridità del suolo potrebbero condurre ad un alterato trasporto e persistenza dei pesticidi.

L'aumento del livello del mare implicherà maggiori rischi per le aree costiere italiane. Le aumentate temperature marine hanno permesso la migrazione e l'insediamento di alcune specie di alghe tossiche in prossimità delle coste italiane. Il cambiamento climatico avrà probabilmente ripercussioni anche sul turismo, in particolare in riferimento alla scelta di destinazione per le attività stagionali. Le tradizionali località balneari potrebbero diventare troppo calde d'estate ed un'insufficiente precipitazione nevosa nei siti montani potrebbe colpire in maniera significativa le stazioni sciistiche.

Alcuni studi europei <sup>11</sup>hanno stimato che nel 2030 per la regione mediterranea sudorientale vi sarà una riduzione del fabbisogno energetico fino al 10% per il riscaldamento invernale ed un aumento del 28% per la domanda del bisogno di raffreddamento nel periodo estivo.

---

<sup>11</sup> Cartalis et al 2001

Il prolungamento degli effetti dei gas ozono distruttivi farà aumentare i livelli di Radiazioni UV in alcune zone della superficie terrestre.

**Anche in Italia la popolazione sarà esposta sia alla maggiore frequenza ed intensità degli eventi estremi che alla variabilità meteorologica.** IPCC stima un aumento della frequenza, intensità e durata delle ondate di calore in Europa, ed un aumento della frequenza delle precipitazioni estreme.

Il Ministero dell'Ambiente ha stimato (2000) siano 7.774 kmq, equivalenti al 2,6% del territorio nazionale, le aree di territori interni a rischio di inondazioni. Per il rischio d'inondazioni delle aree marino costiere va tenuto in debito conto sia la caratteristica ampiezza dell'area costiera italiana che l'alta percentuale di popolazione residente in area costiera. In Italia alcune aree sono soggette al fenomeno della subsidenza, che aumenta ulteriormente questo rischio. Nella regione europea mediterranea gli aumenti della frequenza di eventi meteorologici estremi durante particolari momenti dello sviluppo dei raccolti (ad esempio, alte temperature durante la fioritura, giornate piovose durante la semina), assieme ad una maggiore intensità di pioggia e a periodi siccitosi più lunghi, probabilmente ridurranno la quantità dei raccolti estivi .

### **I RISCHI PER LA SALUTE**

**La salute della popolazione sarà colpita in maniera diretta o indiretta.** La popolazione italiana sarà ed è stata colpita da ondate di calore, con una media del 3% di aumento della mortalità per ogni grado di aumento di temperatura apparente. Il cambiamento climatico può aumentare la frequenza e la durata di episodi di elevata concentrazione d'ozono troposferico in particolare durante la stagione calda. Il sinergismo fra l'esposizione all'inquinamento atmosferico da PM e ozono e gli eventi meteorologici estremi caratterizzati da aumenti di temperature ed umidità può amplificare gli effetti diretti delle diverse esposizioni. Le inondazioni hanno causato morti, disabilità e malattie – anche se i dati disponibili e la configurazione degli attuali sistemi informativi di sorveglianza sanitaria non consentono una precisa valutazione delle conseguenze sulla morbosità. Per ciò che riguarda le malattie trasmesse da vettori, ci sono rischi potenziali per la trasmissione della West Nile fever ed un aumento dei casi di Leishmaniosi che potrebbero estendersi verso latitudini più a Nord. Per quello che riguarda le patologie trasmesse dagli alimenti, è stata documentata la possibilità di contaminazione con nuovi tipi di micotossine. Il cambiamento climatico può

influenzare la crescita di parassiti nocivi per alcuni generi di piante coltivate, con un impatto sulla disponibilità di alimenti. A causa dell'intensità delle precipitazioni e delle conseguenti inondazioni potrebbero verificarsi patologie associate alla dispersione di contaminanti anche chimici nell'ambiente nonché problemi legati alla contaminazione microbiologica delle acque costiere, ricreative, di superficie e delle aree di ricarica delle falde. E' stata già messa in evidenza in Europa una relazione diretta fra salmonellosi e l'aumento della temperatura. E' stata osservata una crescita anomala di alghe e cianobatteri potenzialmente tossici ed è prevedibile un aumento di questo fenomeno nel futuro. Sono stati segnalati aumenti di patologie allergiche legate principalmente a due fattori di rischio, la fioritura più precoce delle piante allergizzanti e una invasione di nuove specie.

**Ci sono molte incertezze sugli scenari futuri.** La futura capacità di adattamento agli effetti dei cambiamenti climatici dipende dallo sviluppo economico e tecnologico, dalle condizioni ambientali locali e dalla qualità e disponibilità di cure mediche e delle infrastrutture sanitarie pubbliche. I fattori sociali, economici, politici, ambientali e tecnologici sono importanti determinanti dello stato di salute ma il loro ruolo e la complessità delle interazioni rende difficile la valutazione degli effetti futuri sulla salute della popolazione che non possono essere valutati esclusivamente attraverso la proiezione degli effetti potenziali della variabilità e dei cambiamenti del clima

**La salute pubblica si occupa essenzialmente di prevenire gli effetti negativi sulla salute attraverso la riduzione delle esposizioni nocive nella popolazione .** Nell'ambito del cambiamento climatico ciò significa essenzialmente l'implementazione di strategie di mitigazione e di adattamento. Molti principi ormai consolidati indicano la necessità di un approccio proattivo del settore sanitario nei confronti del cambiamento climatico anche attraverso l'applicazione del principio di precauzione<sup>12</sup>.

**In Italia sono state adottate alcune misure per ridurre i gas serra (mitigazione) ma gli obiettivi nazionali non sono ancora raggiunti.** L'Unione Europea nel suo insieme si è impegnata ad una riduzione delle emissioni pari all'8% nel periodo 2008-2012, rispetto ai livelli del 1990. Per l'Italia l'Unione Europea ha

---

12 Il Principio di Precauzione è così definito ““When an activity raises threats of harm to human health or the environment, precautionary measures should be taken even if some cause and effect relationships are not fully established scientifically””. (laddove una qualche attività crei rischi per la salute umana o l'ambiente, dovrebbero essere adottate misure di precauzione, anche nel caso in cui i rapporti di causa ed effetto non siano del tutto definiti dal punto di vista scientifico) - Wingspread Conference del 1998.

stabilito un obiettivo di riduzione pari al 6,5% nel suddetto periodo, rispetto ai livelli del 1990 (Romano et al., 2005). Il livello nel 1990 corrispondeva a 485.7 MtCO<sub>2</sub>eq. E' stato stimato che Italia nel periodo 2008 -2012 arriverà a un livello di emissioni pari a 587.3 MtCO<sub>2</sub>eq. 4 MtCO<sub>2</sub>eq sono già stati ridotti tramite i meccanismi di Kyoto, Joint Implementation (JI) e Clean Development Mechanism (CDM). Gli sforzi di mitigazione dovranno essere soprattutto attuati in settori diversi da quelli della salute, ad esempio in quelli dell'energia, del trasporto, materiali di costruzione e architettura urbanistica. Il recente 4° rapporto di valutazione dell'IPCC indica chiaramente che i costi per mitigare i gas ad effetto serra possono essere controbilanciati dai benefici per la salute che si possono ottenere ad esempio attraverso la riduzione dell'inquinamento atmosferico. L'integrazione delle politiche per l'abbattimento dell'inquinamento atmosferico con le politiche per la mitigazione del cambiamento climatico possono ridurre i costi associati sensibilmente rispetto a iniziative condotte separatamente. Possibili strategie per la riduzione congiunta delle emissioni di GHG e di inquinamento atmosferico sono rappresentate da : riduzione dell'uso di risorse attraverso la conservazione dell'energia, aumento dell'efficienza, fuel switching, gestione della domanda e cambiamenti dei comportamenti sociali.

**Politiche di adattamento saranno comunque necessarie in virtù dell'inevitabile surriscaldamento a cui si assisterà nei prossimi anni. .**

Anche se le concentrazioni dei gas serra restassero ai livelli del 2000, è previsto un ulteriore aumento della temperatura di 0.6°C entro la fine del secolo. Diverse opzioni sono possibili nell'ambito di strategie nazionali o locali di adattamento che spaziano da misure di natura tecnologica (ad es. difesa marina), comportamentale (ad es. scelte ricreative), gestionale (ad es. programmazione dei servizi sanitari) politica (es. norme di pianificazione). Anche se la maggior parte delle tecnologie e strategie sono ben note e sviluppate in alcuni paesi, la letteratura analizzata in gran parte dei casi non documenta quanto siano efficaci le varie opzioni nel ridurre i rischi, in particolare se si considerano scenari relativi a livelli più alti di riscaldamento, specie per ciò che concerne i gruppi di popolazione più vulnerabili. In questo contesto è auspicabile la definizione di un piano d'adattamento relativo agli scenari più probabili sulla base del quale possano essere definite le esigenze e le priorità.

**L'integrazione di interventi per la difesa della salute con le strategie ambientali di adattamento può facilitare l'implementazione di queste ultime e le politiche di altri settori le cui scelte hanno impatti rilevanti sulla**

**salute.** La riduzione delle patologie collegate ai determinanti ambientali richiede interventi da parte di diversi settori non strettamente correlati alla salute quali l'uso del territorio, il trasporto, il commercio, le relazioni con l'estero, gli affari interni, le politiche per l'alloggio, l'energia, e via di seguito. E' importante sottolineare che alcune o molte di queste politiche potrebbero essere in conflitto fra di loro a causa di diverse modalità d'approccio e differenti processi di consultazione. Il riferimento costante e trasversale ai benefici ed ai rischi per la salute, potrebbe aiutare nella gestione e risoluzione dei conflitti e favorire le sinergie per la tutela di salute e dell'ambiente in un contesto di sviluppo sostenibile.

### **LE AZIONI DI SANITA' PUBBLICA**

**Complessivamente possono essere identificate cinque grandi aree di intervento per la sanità** per rispondere alle sfide del cambiamento climatico

- **Sistemi di allarme precoce:** l'esempio del sistema d'allarme per le ondate di calore messo in atto in 31 città italiane è esemplare. L'efficacia di questi interventi va valutata nel tempo e messi in atto aggiustamenti che si rendessero necessari. In quest'ambito va rivolta particolare attenzione a strategie di informazione per gruppi specifici come medici, amministratori di ospedali e case di cura, servizi di assistenza sociale e per i gruppi di popolazione più vulnerabili. E' auspicabile che sistemi di allarme precoce con le caratteristiche di quelli messi in opera per le ondate di calore, siano estesi anche ad altri eventi estremi, come ad esempio le inondazioni, e a condizione di rischio come quelle associate all'esposizione ad allergeni stagionali. I risultati ottenuti in Italia vanno confrontati con quelli ottenuti a livello internazionale per migliorare l'efficienza e l'efficacia degli interventi .

**Valutazione, monitoraggio e ricerca.** Il monitoraggio dello stato di salute e dell'ambiente è necessario per valutare gli andamenti dei fenomeni, identificare le tendenze e anticipare gli sviluppi futuri e conseguentemente verificare l'efficacia e l'efficienza delle politiche di mitigazione e adattamento. Al momento in Italia vengono monitorati soltanto gli impatti delle ondate di calore sulla salute umana. E' auspicabile associare al sistema di monitoraggio delle ondate di calore i dati sulle concentrazioni di ozono e di PM durante il periodo estivo a causa delle interazioni dei due fenomeni e del potenziamento degli effetti negativi sulla salute. E' inoltre necessario studiare anche in Italia la relazione tra salmonellosi ed altre malattie infettive enteriche con i andamenti climatici.

Questi dati potrebbero essere utilizzati per migliorare le stime delle relazioni causa effetto e l'impatto sulla salute e adottare adeguate misure preventive. La ratifica in Italia del Protocollo Internazionale su Acqua e Salute potrebbe facilitare gli interventi per la gestione dei rischi idrici legati al cambiamento climatico. Infine è necessaria una valutazione sistematica dei cambiamenti di distribuzione e frequenza delle malattie trasmesse da vettori. Laddove necessario va valutata la necessità di programmi di ricerca sui rischi e sulle politiche di prevenzione.

**Sviluppo di politiche specifiche:** la futura auspicabile strategia nazionale di adattamento dovrà necessariamente includere anche interventi a carico di settori diversi da quello sanitario come ad esempio quelli relativi alla pianificazione urbana e del territorio.

### **Iniziative di informazione .**

Informazioni sulla vulnerabilità della popolazione in termini di salute devono essere integrate negli scenari relativi ai cambiamenti climatici anche in atti normativi e d'indirizzo.

- Molta ricerca europea è stata anche eseguita in Italia: la creazione di una banca dati conoscitiva dei risultati potrebbero facilitare l'approfondimento degli effetti del cambiamento climatico in generale e più specificatamente sulla salute;
- Vanno messi in atto programmi di informazione sui diversi rischi per la salute associato al cambiamento climatico per gli operatori sanitari

**Programmazione dei servizi sanitari.** In particolare in primavera ed in estate, ma anche il altre stagioni, è auspicabile una programmazione delle attività dei servizi sanitari in grado di rispondere in modo più efficace ed efficiente ai rischi per la salute associati alle ondate di calore, alle malattie trasmesse dall'acqua e durante la balneazione, alle intossicazioni alimentari e alle malattie trasmesse da vettori. In alcuni casi e per patologie particolari da tempo assenti dal territorio italiano o molto rare, è opportuno un aggiornamento del personale sanitario mirato ai rischi emergenti.

**Infine per implementare alcuni degli interventi fin qui descritti una prima linea di attività potrebbe comprendere:**

1. Creare e rinforzare la collaborazione tra professionisti della sanità, esperti dei cambiamenti climatici, esperti ambientali, esperti della protezione civile, responsabili dei sistemi di prevenzione, risposta ed informazione sanitaria e ambientale;
2. Attivare un gruppo di lavoro con compiti specifici quali:
  - Stimare l'impatto futuro delle patologie conseguenti al cambiamento climatico sulla popolazione in Italia per comprendere l'efficacia e la sostenibilità delle azioni avviate e quelle da adottare ;
  - Sviluppare strategie di adattamento che includono una serie di azioni a carattere prioritario condotte attraverso l'integrazione degli interventi dei settori rilevanti ;
  - Condurre studi pilota in aree specifiche per sperimentare esempi di politiche integrate;
  - Attivare una rete d'informazione per il personale sanitario ed ambientale.

Infine, i risultati delle attività condotte in Italia per prevenire e ridurre gli effetti sulla salute del cambiamento climatico potrebbero costituire un utile contributo alla Quinta Conferenza Interministeriale Ambiente e Salute dei 53 Paesi della Regione Europea dell'OMS che verrà ospitata a Roma nel 2009.

# Bibliografia

- Ade P, Funari E, Poletti R (2003). Il rischio sanitario alle tossine di alghe marine. *Ann Ist Super Sanità*, 39 (1):53-68.
- Ahas R, Jaagus J, Aasa A (2000). The phenological calendar of Estonia and its correlation with mean air temperature. *International Journal of Biometeorology*, 44 159-166.
- Ahlholm JU, Helander ML, Savolainen J (1998). Genetic and environmental factors affecting the allergenicity of birch (*Betula pubescens* ssp. *czerepanovii* [Orl.] Hamet-ahti) pollen. *Clin Exp Allergy*, 28 (11):1384-1388.
- Alberdi J, Diaz J, Montero J, Miron I (1998). Daily mortality in Madrid community 1986-1992: Relationship with meteorological variables. *Eur J Epidemiol*, 14:571-578.
- Albertoni F, Arcà M, Borgia P et al. (1984). Heat-Related Mortality-Latium Region, Italy, Summer 1983. *MMWR*, 33(37):518-521.
- Alley R et al. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*
- Álvarez Cobelas M, Catalán J, García de Jalón D (2005). Impactos sobre los ecosistemas acuáticos continentales. In: Moreno JM, editor. *Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático*. Madrid, Spain: Ministerio de Medio Ambiente; p. 113-146.
- Ambrosetti W, Barbanti L (1999). Deep water warming in lakes: an indicator of climate change. *Journal of Limnology*, 58 (1):1-9.
- Analtis A, Katsouyanni K, Baccini M et al. (2006) Effects of cold weather on mortality: results from 16 European cities within the PHEWE project. *Epidemiology*, 17 (6)Suppl:S85.
- Anderson HR, Derwent RG, Stedman JR (2001). Air pollution and climate change. In: Maynard RL, editor. *An expert review for comment*. London: DoH; p. 219-237.
- Ansmann A et al. (2003). Long-range transport of Saharan dust to northern Europe: The 11–16 October 2001 outbreak observed with EARLINET. *J. Geophys. Res.*, 108(D24) (4783).
- APAT (2004a). *Annuario dei dati ambientali 2004*. Rome: Agenzia per la Protezione dell' Ambiente er per i servizi Technici.
- APAT (2004b). *Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi d'Italia)*.
- APAT (2006a). *Annuario dei dati ambientali*. Rome: Agenzia per la Protezione dell' Ambiente er per i servizi Technici.
- APAT (2006b). Gli indicatori del clima in Italia nel 2005, APAT Report, Series “Stato dell'Ambiente” 10/2006.
- Araújo MB, Thuiller W, Pearson RG (2006). Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *Journal of Biogeography*, in press.
- Arnell NW et al. (2004). Climate and socio-economic scenarios for global-scale climate change impacts assessments: characterising the SRES storylines. *Global Environmental Change*, 14 (1):3.
- Atherton F, Newman C, Casemore DP (1995). An outbreak of waterborne cryptosporidiosis associated with a public water supply in the UK. *Epidemiology and Infection*, 115 123-131.
- Audsley E et al. (2006). What can scenario modelling tell us about future European scale agricultural land use, and what not? *Environ. Sci. & Po.*, in press.
- Avino P et al. (2004). Influence of air pollution on chronic obstructive respiratory diseases: comparison between city (Rome) and hillcountry environments and climates. *Ann Chim*, 94 (9-10):629-635.
- Badeck F-W et al. (2001). Three species composition in European pristine forests: Comparison of stand data to model predictions. *Climatic Change*, (51):307-347.
- Ballester F, Corella D, Perez-Hoyos S, Saez M et al. (1997). Mortality as a Function of Temperature. A Study in Valencia, Spain, 1991-1993. *Int J Epidemiol* 1997, 26 (3):551-561.
- Barbagallo S, Cirelli GL, Indelicato S (2001). Wastewater reuse in Italy. *Water Sci Technol*, 43 (10):43-50.
- Barbieri E et al. (1999). Occurrence, diversity and pathogenicity of halophilic *Vibrio* spp and non-O1 *Vibrio cholerae* from estuarine waters along the Italian Adriatic sea. *Appl. Environm. Microbiol*, 65 2748-2753.
- Basu R, Samet JM (2002). An exposure assessment study of ambient heat exposure in an elderly population in Baltimore, Maryland. *Environ Health Perspect*, 110 (12):1219-1224.
- Beggs P (2005). Admission to hospital for sunburn and drug phototoxic and photoallergic responses, New South Wales, 1993-94 to 2000-01. *N. S. W. Public Health Bull.*, 16 (9-10):147-150.
- Beggs PJ (2004). Impacts of climate change on aeroallergens: past and future. *Clin Exp Allergy*, 34 (10):1507-1513.
- Biggeri A et al. (2005). Meta-analysis of the Italian studies of short-term effects of air pollution (MISA), 1990-1999. *Int J Occup Environ Health*, 11 (1):107-122.



- Biggeri A et al. (2006). Statistical Modeling of Short-Term Effects of Meteorologic Variables on Mortality. *Epidemiology*, 17 (6)Suppl:S85.
- Boccia D, Working Group (2004). Community outbreak of Hepatitis A in southern Italy - Campania, January-May 2004. *Eurosurveillance*, 9 (4-6):46-47.
- Botelho J et al. (2004). *Onda de calor de Agosto de 2003. Os seus efeitos sobre a mortalidade da populacao portuguesa*. Lisboa: Instituto Nacional de Saude Dr. Ricardo Jorge.
- Braga A, Zanobetti A, Schwartz J (2002). The effect of weather on respiratory and cardiovascular deaths in 12 US cities. *Environ Health Perspect*, 110 (9):859-863.
- Braga AL, Zanobetti A, Schwartz J (2001). The time course of weather-related deaths. *Epidemiology*, 12 (6):662-667.
- Brazdil R et al. (1996). Trends of maximum and minimum daily temperatures in central and southeastern Europe. *International Journal of Climatology*, 16 (7):765-782.
- Brera C et al. (2004). Effect of industrial processing on the distribution of fumonisin B-1 in dry milling corn fractions. *Journal of Food Protection*, 67 (6):1261-1266.
- Brescianini C et al. (2005 and 2006). Osteropsis ovata algal blooms affecting human health in Genova. *Eurosurveillance weekly releases 2006*, 11 (9).
- Brunetti M et al. (2000a). Precipitation intensity trends in northern Italy. *International Journal of Climatology*, 20 (9):1017-1031.
- Brunetti M et al. (2000b). Trends of minimum and maximum daily temperatures in Italy from 1865 to 1996. *Theoretical and Applied Climatology*, 66 (1-2):49-60.
- Brunetti M et al. (2001). Trends in the daily intensity of precipitation in Italy from 1951 to 1996. *International Journal of Climatology*, 21 (3):299-316.
- Brunetti M, Maugeri M, Nanni T (2000). Variations of Temperature and Precipitation in Italy from 1866 to 1995. *Theoretical and Applied Climatology*, 65 (3-4):165-174.
- Brunetti M, Maugeri M, Nanni T (2001). Changes in total precipitation, rainy days and extreme events in northeastern Italy. *International Journal of Climatology*, 21 (7):861-871.
- Bruni P (1998). Monitoraggio del Lago: aspettando l'ossigeno. *Il giornale del Lago*, 9 19-23.
- Buchanan CM, Beverland IJ, Heal MR (2002). The influence of weather-type and long-range transport on airborne particle concentrations in Edinburgh, UK. *Atmos Environ*, 36 (34):5343-5354.
- Buffoni L, Maugeri M, Nanni T (1999). Precipitation in Italy from 1833 to 1996. *Theoretical and Applied Climatology*, 63 (1-2):33-40.
- Burkhardt W, Calci KR (2000). Selective accumulation may account for shellfish-associated viral illness. *Appl Environ Microbiol*, 66 (4):1375-1378.
- Busuioc A, Chen DL, Hellstrom C (2001). Performance of statistical downscaling models in GCM validation and regional climate change estimates: Application for Swedish precipitation. *International Journal of Climatology*, 21 (5):557-578.
- Cacciamani C et al. (2000). Numerical simulation of intense precipitation events south of the Alps: Sensitivity to initial conditions and horizontal resolution. *Meteorology And Atmospheric Physics*, 72 (2-4):147-159.
- Camarero JJ, Gutiérrez E (2004). Pace and pattern of recent treeline dynamics response of ecotones to climatic variability in the Spanish Pyrenees. *Climatic Change*, 63 181-200.
- Carder M, McNamee R, Beverland I et al. (2005). The lagged effect of cold temperature and wind chill on cardiorespiratory mortality in Scotland. *Occup Environ Med*, 62 (10):702-710.
- Carlton J, Geller J (1993). Ecological roulette: the global transport of nonindigenous marine organisms. *Science*, 261 (78-82).
- Carminati E, Martinelli G (2002). Subsidence rates in the Po Plain, northern Italy: the relative impact of natural and anthropogenic causation. *Engineering Geology*, 66 (3-4):241-255.
- Carson C, Hajat S, Armstrong B, Wilkinson P (2006). Declining vulnerability to temperature-related mortality in London over the 20th century. *Am J Epidemiol*, 164 (1):77-84.
- Cartalis C et al. (2001). Modifications in energy demand in urban areas as a result of climate changes: an assessment for the southeast Mediterranean region. *Energy Conversion and Management*, 42 1647-1656.
- CDC (1995). Heat-related illnesses and deaths - United States, 1994-1995. *MMWR*, 44 (25): 465-468.
- Cecchi L et al. (2006). Long distance transport of ragweed pollen as a potential cause of allergy in central Italy. *Ann Allergy Asthma Immunol*, 96 (1):86-91.
- Cerutti B et al. (2004). *La mortalità estiva in Ticino nel 2003*. Ufficio del medico cantonale.
- Chakraborty S et al. (2000). Virulence genes in environmental strains of *Vibrio cholerae*. *Appl. Environ. Microbiol*, 66 4022-4028.
- Chan C et al. (2002). Effects of Asian air pollution transport and photochemistry on carbon monoxide variability and ozone production in subtropical coastal south China. *J Hgeophys Res - Atmos*, 107 (D24):art no. 4746.

- Chang H et al. (2002). Water resource impacts of climate change in southwestern Bulgaria. *GeoJournal*, 57 159-168.
- Cheng YS et al. (2005). Characterization of Marine Aerosol for Assessment of Human Exposure to Brevetoxins. *Environmental Health Perspectives*, 113 (5).
- Chiarle M et al. (2007). Recent debris flow occurrences associated with glaciers in the Alps. *Global and Planetary Change*, 56 (1-2):123-136.
- Chironna M et al. (2003). Genetic analysis of HAV strains recovered from patients with acute hepatitis from Southern Italy. *J Med Virol*, 70 (3):343-349.
- Chironna M et al. (2004). Outbreak of infection with hepatitis A virus (HAV) associated with a foodhandler and confirmed by sequence analysis reveals a new HAV genotype IB variant. *J Clin Microbiol*, 42 (6):2825-2828.
- Christensen JH et al. (2007). Regional Climate Projections. In: Solomon S, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller, editor. *Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.: Cambridge University Press.
- Christensen JH, Christensen OB (2003). Severe summertime flooding in Europe. *Nature*, 421 805-806.
- Ciais P et al. (2005). Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature*, 437 (7058):529-533.
- Cifuentes L et al. (2001). Assessing the health benefits of urban air pollution reductions associated with climate change mitigation (2000-2020): Santiago, Sao Paulo, Mexico City, and New York City. *Environ Health Perspect*, 109 Suppl 3 419-425.
- Clini C (2003). Third National Communication under the UN Framework on Climate Change. Available under: <http://unfccc.int/resource/docs/natc/itanc3.pdf>.
- Colombo AF, Etkin D, Karney BW (1999). Climate variability and the frequency of extreme temperature events for nine sites across Canada: Implications for power usage. *Journal Of Climate*, 12 2490-2502.
- Colwell RR (1996). Global climate and infectious disease: the cholera paradigm. *Science*, 274 2025-2031.
- Confalonieri U et al. (2007, in press). Human Health. In: *Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.: Cambridge University Press.
- Conti S., Meli P., Minelli G., Solimini R., Toccaceli V., Vichi M., et al. Studio epidemiologico della mortalità durante l'estate 2003 in Italia. *Igiene e Sanità Pubblica* 2004; 60:121-139.
- Corden JM, Millington WM, Mullins J (2003). Long-term trends and regional variation in the aeroallergens in Cardiff and Derby UK. Are differences in climate and cereal production having an effect? *Aerobiologia*, 19 (3 - 4):191.
- Croci L et al. (1992). Effectiveness of water disinfection treatment on depuration of shellfish. *Microbiologie-Aliments-Nutrition*, 10 229-232.
- Croci L et al. (2000). Determination of enteroviruses, hepatitis A virus, bacteriophages and Escherichia coli in Adriatic Sea mussels. *J Appl Microbiol*, 88 (2):293-298.
- Croci L et al. (2007). Assessment of human enteric viruses in shellfish from the northern Adriatic sea. *Int J Food Microbiol*, 114 (2):252-257.
- Croci L et al. (2001). Detection of Vibrionaceae in mussels and in their seawater growing area. *Microbiologie - Aliments - Nutrition*, 14 161-165.
- Curriero F, Heiner K, Samet J et al. (2002). Temperature and mortality in 11 cities of the Eastern United States. *Am J Epidemiol*, 155 (1):80-87.
- Curriero F et al. (2001). The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994. *Am J Public Health*, 91 (8):1194-1199.
- D'Amato G (2001). Airborne paucimicronic allergen-carrying particles and seasonal respiratory allergy. *Allergy*, 56 (12):1109-1111.
- D'Amato G (2002). Environmental urban factors (air pollution and allergens) and the rising trends in allergic respiratory diseases. *Allergy*, 57 (s72):30-33.
- Danet S et al. (1999). Unhealthy Effects of Atmospheric Temperature and Pressure on the Occurrence of Myocardial Infarction and Coronary Deaths: A 10-Year Survey: The Lille-World Health Organization MONICA Project (Monitoring Trends and Determinants in Cardiovascular Disease). *Circulation*, 100 (1):1e-7.
- Daufresne M et al. (2003). Long-term changes within invertebrate and fish communities of Upper Rhone river: effects of climate factors. *Global Change Biology*, 10 124-140.
- Davis RE, Knappenberger PC, Novicoff WM, Michaels PJ. (2003). Decadal changes in summer mortality in U.S. cities. *Int J Biometeorol*, 47 (3):166-175.
- de' Donato F MP, Kalkstein L, D'Ovidio M, Kirchmayer U, Accetta G, Perucci CA. (2005). The Italian project for prevention of heat-health effects during summer, findings from 2005. *Proceedings of the 17th International Congress of Biometeorology. Annalen der Meteorologie*, 41 287-290.
- de Freitas CR (2003). Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector. *Int. J. Biometeorol*, 48 45-54.

de Gruilj F et al. (2003). Health effects from stratospheric ozone depletion and interactions with climate change. *Photochem Photobiol Sci*, 2 (1):16-28.

De Leo GA et al. (2001). Carbon emissions - The economic benefits of the Kyoto Protocol. *Nature*, 413 (6855):478-479.

De Medici D et al. (2001). Closed-circuit system for the depuration of mussels experimentally contaminated with hepatitis A virus. *J Food Prot*, 64 (6):877-880.

de Sousa OV et al. (2004). Detection of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio cholerae* in oyster, *Crassostrea rhizophorae*, collected from a natural nursery in the Coco river estuary, Fortaleza, Ceara, Brazil. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo*, 46 (2):59-62.

Declerck S, J. Vandekerckhove, L.S. Johansson, K. Muylaert, J.M. Conde-Porcuna, K. Van Der Gucht, C. Pérez-Martínez, T.L. Lauridsen, K. Schwenk, G. Zwart, W. Rommens, J. López-Ramos, E. Jeppesen, W. Vyverman, L. Brendonck, and L. De Meester. (2005). Multi-group biodiversity in shallow lakes along gradients of phosphorus and water plant cover. *Ecology And Society*, 86 1905-1915.

Del Galdo I et al. (2003). Assessing the impact of land-use change on soil C sequestration in agricultural soils by means of organic matter fractionation and stable C isotopes. *Global Change Biol.*, 9 1204-1213.

Dematte JE et al. (1998). Near-fatal heat stroke during the 1995 heat wave in Chicago. *Annals of Internal Medicine*, 129 (3):173-181.

DePaola A et al. (1990). Incidence of *Vibrio parahaemolyticus* in U.S. coastal waters and oysters. *Appl Environ Microbiol*, 56 (8):2299-2302.

DePaola A et al. (2003). Seasonal abundance of total and pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* in Alabama oysters. *Appl Environ Microbiol*, 69 (3):1521-1526.

Derwent RG et al. (2001). Transient Behaviour of Tropospheric Ozone Precursors in a Global 3-D CTM and Their Indirect Greenhouse Effects. *Climatic Change*, 49 (4):463-487.

Desiato F, Lena F, Toreti A (2006). Un sistema per tutti – climatologia: i dati italiani. *Sapere*, 72 62-69.

Devoy R (in press). Coastal vulnerability and the implications of sea-level rise for Ireland. *Journal of Coastal Research*.

Diaz J, Garcia R, Velazquez de Castro F, Hernandez E, Lopez C, Otero A (2002). Effects of extremely hot days on people older than 65 years in Seville (Spain) from 1986 to 1997. *Int J Biometeorol*, 46 (3):145-149.

Diaz J, Garcia R, Lopez C, Linares C, Tobias A, Prieto L (2005). Mortality impact of extreme winter temperatures. *Int J Biometeorol*, 49 (3):179-183.

Dirnböck T, Dullinger S, Grabherr G (2003). A regional impact assessment of climate and land-use change on alpine vegetation. *J. Biogeography*, 30 401-417.

Döll P (2002). Impact of Climate Change and variability on Irrigation Requirements. A Global Perspective. *Climate change and human health*, 54 269-293.

Donaldson GC, Keatinge WR (1997). Mortality related to cold weather in elderly people in southeast England 1979-94. *BMJ*, 315: 1055-1056.

Donaldson GC, Keatinge WR, Nayha S (2003). Changes in summer temperature and heat-related mortality since 1971 in North Carolina, South Finland, and Southeast England. *Environ Res*, 91 (1):1-7.

Donevska K, S. Dodeva (2004). Adaptation measures for water resources management in case of drought periods. *Proceedings, XXIIInd Conference of the Danubian Countries on the Hydro-logical Forecasting and Hydrological Bases of Water Management. 30 August-2 September 2004*.

Dowd PF et al. (1992). Insect interactions with mycotoxin-producing fungi and their hosts. In: Dekker M, editor. *Insect interactions with mycotoxin-producing fungi and their hosts*. New York; p. 137-155.

Duffy MJ, Devoy RJN (1998). Contemporary process controls on the evolution of sedimentary coasts under low to high energy regimes: western Ireland. *Geologie En Mijnbouw-Netherlands Journal of Geosciences*, 77 (3-4):333-349.

Eckhardt K, Ulbrich U (2003). Potential impacts of climate change on groundwater recharge and streamflow in a central European low mountain range. *Journal of Hydrology*, 284 244-252.

EEA - European Environment Agency (2005). *Vulnerability and adaptation to climate change in Europe. Technical report No 7*. Copenhagen.

EEA (2003). *Europe's Environment: The Third Assessment*. Environmental Assessment Report (10), European Environmental Agency, Copenhagen.

EEA (2004a). *Environmental signals 2004. A European Environment Agency update on selected issues*. Copenhagen: European Environment Agency.

EEA (2004b). *Impacts of Europe's changing climate: An indicator-based assessment*. Copenhagen: European Environment Agency.

EEA (2005). Climate change and river flooding in Europe. *EEA Briefing*, 1.

EEA (2006). *Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2006*. Copenhagen: European Environment Agency.

- Egli M et al. (2004). Experimental determination of climate change effects on above ground and below-ground organic matter in alpine grasslands by translocation of soil cores. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 167 457-470.
- Eiguren-Fernandez A et al. (2004). Seasonal and Spatial Variation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Vapor-Phase and PM2.5 in Southern California Urban and Rural Communities. *Aerosol Science and Technology*, 38 (5):447 - 455.
- Eisenreich SJ, editor. (2005). *Climate change and the European Water Dimension. Report to the European Water Directors*. Ispra, Italy: European Commission-Joint Research Centre.
- Eitzinger J et al. (2003). A simulation study of the effect of soil water balance and water stress in winter wheat production under different climate change scenarios. *Agricultural Water Management*, 61 195-217.
- EM-DAT, Université Catholique de Louvain (2007). The International Disaster Database. Available under:www.em-dat.net.
- Emberlin J et al. (2002). Responses in the start of Betula (birch) pollen seasons to recent changes in spring temperatures across Europe. *Int J Biometeorol*, 46 (4):159-170.
- Etchevers P et al. (2002). Impact of a climate change on the Rhone river catchment hydrology. *Journal of Geophysical Research*, 107 4293.
- Eurowinter Group (1997). Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe. *Lancet*, 349 (9062):1341-1346.
- Ezzati M et al., eds (2004). Comparative quantification of health risks: global and regional burden of disease due to selected major risk factors. Vols. 1 and 2. Geneva: World Health Organization.
- Fiore AM et al. (2002). Linking ozone pollution and climate change: The case for controlling methane. *Geophys. Res. Lett*, 29 (19):art. no 1919.
- Fischer PH, Brunekreef B, Lebreit E (2004). Air pollution related deaths during the 2003 heat wave in the Netherlands. *Atmospheric Environment*, 38 (8):1083-1085.
- Fitter AH, Fitter RSR (2002). Rapid changes in flowering time in British plants. *Science*, 296 (5573):1689-1691.
- Frei C, Schar C (2001). Detection probability of trends in rare events: Theory and application to heavy precipitation in the Alpine region. *Journal Of Climate*, 14 (7):1568-1584.
- Freguelli G (2002). Interactions between climatic changes and allergenic plants. *Monaldi Arch Chest Dis*, 57 (2):141-143.
- Galassi C et al. (2006). Changes in prevalence of asthma and allergies among children and adolescents in Italy: 1994-2002. *Pediatrics*, 117 (1):34-42.
- Gallagher RP, Lee TK (2006). Adverse effects of ultraviolet radiation: A brief review. *Prog Biophys Mol Biol*, Feb 28 in print.
- Gallitelli M et al. (2005). Respiratory illness as a reaction to tropical algal blooms occurring in a temperate climate. *JAMA*, 239 (21):2599-2600.
- Gambarelli G, Gorla A (2004). *Economic evaluation of climate change impacts and adaptation in Italy*. Milan: Fondazione Eni Enrico Mattei.
- Gangoiti G et al. (2001). Long-range transport and re-circulation of pollutants in the western Mediterranean during the project Regional Cycles of Air Pollution in the West-Central Mediterranean Area. *Atmos Environ*, 35 (36):6267-6276.
- Garcia AC, Nogueira PJ, Falcao JM (1999). Onda de calor de Junho de 1981 em Portugal: efeitos na mortalidade. *Revista Portuguesa de Saude Publica*, 1 67-77.
- Garibaldi L et al. (1999). The trophic evolution of Lake Iseo as related to its holomix. *Journal of Limnology*, 58 (1):10-19.
- Gawith MJ, Downing TE, Karacostas TS (1999). Heatwaves in a changing climate. In: Downing TE, Olsthoorn AA, Tol RS, eds. *Climate, change and risk*. London: Routledge; p. 279-307.
- Gemmell I, McLoone P, Boddy F et al. (2000). Seasonal variation in mortality in Scotland. *Int J Epidemiol*, 29: 274-279.
- Giannakopoulos C, Psiloglou B (2006). Trends in energy load demand for Athens, Greece: Weather and non-weather related factors. *Climate Research*, 31 (1).
- Giorgi F, Bi X, Pal JS (2004). Mean, interannual variability and trends in a regional climate change experiment over Europe. I. Present-day climate (1961-1990). *Climate Dynamics*, 22 (6-7):733-756.
- Good P et al. (2006). Non-linear regional relationships between climate extremes and annual mean temperatures in model projections for 1961-2099 over Europe. *Climate Research*, 31 (1):19-34.
- Gordo O, Sanz JJ (2005). Phenology and climate change: a long term study. *Oecologia*, 146 484-495.
- Gorjanc M.L., Flanders W.D., VanDerslice J., Hersh J., Mailly J (1999). Effects of temperature and snowfall on mortality in Pennsylvania. *Am J Epidemiol*, 149 (12):1152-1160.
- Gottfried M et al. (2002). Potential effects of climate change on alpine and nival plants in the Alps. In: *Mountain biodiversity - a global assessment*. London: Parthenon Publishing; p. 213-223.
- Grace J, Berninger F, Nagy L (2002). Impacts of climate change on the tree line. *Annals of Botany*, 90 537-544.



- Gregory J et al. (2001). Trends in Northern Hemisphere surface cyclone frequency and intensity. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 14 2763–2768.
- Grize L et al. (2005). Heat wave 2003 and mortality in Switzerland. *SWISS MED WKLY*, 135 200–205.
- Gross G (1996). Stadtklima und globale Erwärmung. *Geowissenschaften*, 14 (6):245–248.
- Gruber S, Hoelzle M, Haeberli W (2004). Permafrost thaw and destabilization of Alpine rock walls in the hot summer of 2003. *Geophysical Research Letters*, 31 (13):-.
- Gualdi S, Navarra A (2006). Scenari climatici nel bacino mediterraneo. *Forest@*, [http://www.sisef.it/forest@/pdf/Gualdi\\_250.pdf](http://www.sisef.it/forest@/pdf/Gualdi_250.pdf).
- Guedes Soares C et al. (2002). A 40 years Hindcast of Wind, Sea Level and Waves in European Waters. *Proceedings of the 21st International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering (OMAE'02)*.
- Guisan A, Theurillat J-P (2000). Equilibrium modeling of alpine plant distribution and climate change: how far can we go? *Phytocoenologia*, 30 353-384.
- Guisan A, Theurillat J-P (2001). Assessing alpine plant vulnerability to climate change, a modeling perspective. *Integrated assessment*, 1 307-320.
- Gutiérrez Teira B (2003). *Variaciones de las comunidades y poblaciones de macroinvertebrados del tramo alto del río Manzanares a causa de la temperatura. Posibles efectos del cambio climático. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.*
- Guttikunda SK et al. (2003). The contribution of megacities to regional sulfur pollution in Asia. *Atmos Environ*, 37 (1):11-22.
- Haeberli W, Burn C (2002). Natural Hazards in Forersts: Glacier and Permafrost Effects as Related to Climate Change. In: Slide R, editor. *Environmental change and geomorphic Hazards in Forests*. Wallingford, New York: CABI Publishing; p. 167-202.
- Hagg W, Braun L (2004). The influence of glacier retreat on water yield from high mountain areas: Comparison of Alps and Central Asia. In: De Jong JC, Ranzi R, Collins WJ, eds. *Climate and Hydrology in Mountain Areas: Wiley&Sons*; p. 8.
- Haines A (2001). Sustainable energy, economic growth and public health. *Med Confl Surviv*, 17 (1):56-62.
- Hajat S, Kovats R, Atkinson R, Haines A (2002). Impact of hot temperatures on death in London: a time series approach. *J Epidemiol Community Health*, 56: 367-372.
- Hamano M et al. (2005). Epidemiology of acute gastroenteritis outbreaks caused by Noroviruses in Okayama, Japan. *J Med Virol*, 77 (2):282-289.
- Hartley S, Robinson DA (2000). A shift in winter season timing in the Northern Plains of the USA as indicated by temporal analysis of heating degree days. *International Journal of Climatology*, 20 (4):365 - 379.
- Hazenkamp-von Arx ME et al. (2004). PM2.5 and NO2 assessment in 21 European study centres of ECRHS II: annual means and seasonal differences. *Atmospheric Environment*, 38 (13):1943-1953.
- He Z et al. (2003). Characteristics of PM2.5 species and long-range transport of air masses at Taeaen background station, South Korea. *Atmos Environ*, 37 (2):219-230.
- Helmis CG et al. (2003). Estimation of transboundary air pollution on the basis of synoptic-scale weather types. *Int J Climatol*, 23 (4):405 - 416.
- Hicks BB (2003). Planning for Air Quality Concerns of the Future. *Pure and Applied Geophysics*, 160 (1 - 2):57-74.
- Hjelmroos M, Schumacher MJ, Van Hage-Hamsten M (1995). Heterogeneity of pollen proteins within individual Betula pendula trees. *Int Arch Allergy Immunol*, 108 (4):368-376.
- Hofwagen van PJM, Jaspers FGW (1999). *Analytical Framework for Integrated Water Resources Management*. Rotterdam: Balkema.
- Hogrefe C et al. (2004). Simulating changes in regional air pollution over the eastern United States due to changes in global and regional climate and emissions. *Journal of Geophysical Research- Atmospheres*, 109 (D22).
- Holden N et al. (2003). Possible change in Irish climate and its impact on barley and potato yields. *Agricultural and Forest Meteorology*, 116 181-196.
- Holick MF (2004). Sunlight and vitamin D for bone health and prevention of autoimmune diseases, cancers, and cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr*, 80 (6 Suppl):1678S-1688S.
- Hoyt KS, Gerhart AE (2004). The San Diego County wildfires: perspectives of health care. *Disaster Management and Response*, 2 (2):46-52.
- Hughes II (2000). Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends in Ecology and Evolution*, 15 (2):56-61.
- Huth R, Kysely J, Pokorna L (2000). A GCM Simulation of heat waves, dry spells, and their relationships to circulation. *Climatic Change*, 46 29-60.
- Huynen M, et al (2003). *Phenology and Human Health: Allergic Disorders. Report of a WHO meeting Rome, Italy. 16–17 January 2003.* (EUR/03/5036791), WHO, Rome.

- Huynen M, Martens P, Schram D et al. (2001). The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population. *Environ Health Perspect*, 109 (5):463-470.
- Iglesias A, Estrela T, Gallart F (2005). Impactos sobre los recursos hídricos. In: Moreno JM, editor. *Evaluación Preliminar de los Impactos en España for Efecto del Cambio Climático*. Madrid, Spain: Ministerio de Medio Ambiente; p. 303-353.
- INVS (2003). *Impact sanitaire de la vague de chaleur en France survenue en août 2003. Rapport d'étape*.
- INVS (2004). *Vague de chaleur de l'été 2003: relations entre température, pollution atmosphérique et mortalité dans neuf villes françaises*. Institut de Veille Sanitaire.
- IPCC (2001a). *Climate Change 2001. Impacts, Adaptations and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York: Cambridge University Press.
- IPCC (2001b). *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York: Cambridge University Press.
- IPCC/TEAP, editor. (2005). *Special Report: Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System: Issues related to hydrofluorocarbons and perfluorocarbons*. New York: Cambridge University Press.
- Jaffe D et al. (2004). Long-range transport of Siberian biomass burning emissions and impact on surface ozone in western North America. *Geophys Res Lett*, 31 (16):art. no. L16106.
- Jaffe D et al. (2003). Six "new" episodes of trans-Pacific transport of air pollutants. *Atmos Environ*, 37 91-404.
- Jensen S et al. (2001). Future air quality in Danish cities due to new emission and fuel quality directives of the European Union. *Int J Vehicle Design*, 27 (1-4):195-208.
- Johnson C et al. (2001). Role of climate feedback on methane and ozone studied with a coupled ocean-atmosphere-chemistry model. *Geophysical Research Letters*, 28 1723-1726.
- Jones JM, Davies TD (2000). The influence of climate on air and precipitation chemistry over Europe and downscaling applications to future acidic deposition. *Climate Research*, 14 (1):7-24.
- Jones PD et al. (2003). Future climate impact on the productivity of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Europe. *Climatic Change*, 58 (1-2):93-108.
- Jones TS et al. (1982). Morbidity and mortality associated with the July 1980 heat wave in St Louis and Kansas City, Mo. *JAMA*, 247 (24):3327-3331.
- Jonsson P et al. (2004). Suspended particulate matter and its relations to the urban climate in Dar es Salaam, Tanzania. *Atmospheric Environment*, 38 (25):4175.
- Junk J, Helbig A, Luers J (2003). Urban climate and air quality in Trier Germany. *Int J Biometeorol*, 47 (4):230-238.
- Karavitis CA, Kerkides P (2002). Estimation of the water resources potential in the island system of the Aegean Arcipelago, Greece. *Water International*, 27 (21):243-254.
- Kato S et al. (2004). Transport of atmospheric carbon monoxide, ozone, and hydrocarbons from Chinese coast to Okinawa island in the Western Pacific during winter. *Atmos Environ*, 38 2975-2981.
- Katsouyanni K et al. (1993). Evidence for interaction between air pollution and high temperature in the causation of excess mortality. *Arch Environ Health*, 48 (4):235-242.
- Katsouyanni K et al. (1988). The 1987 Athens Heatwave. *Lancet*, 332 (8610):573.
- Keatinge WR et al. (2000). Heat related mortality in warm and cold regions of Europe: observational study. *BMJ*, 321 (7262):670-673.
- Kjellstrom E (2004). Recent and future signatures of climate change in Europe. *Ambio*, 33 (4-5):193-198.
- Klein Tank AMG, Wijngaard J, van Engelen A (2002). *Climate of Europe: Assessment of observed daily temperature and precipitation extremes. European Climate Assessment 2002*. KNMI, De Bilt, the Netherlands.
- Knowlton K et al. (2004). Assessing ozone-related health impacts under a changing climate. *Environ Health Perspect*, 112 (15):1557-1563.
- Knowlton N (2004). Ocean health and human health. *Environ Health Perspect*, 112 (5):A262.
- Koe L, Arellano AJ, McGregor J (2001). Investigating the haze transport from 1997 biomass burning in Southeast Asia: its impact upon Singapore. *Atmos Environ*, 35 2723-2734.
- Koken PJ et al. (2003). Temperature, air pollution, and hospitalisation for cardiovascular disease among elderly people in Dinvir. *Environmental Health Perspectives*, 111 (10).
- Koopmans M, Duizer E (2004). Foodborne viruses: an emerging problem. *Int J Food Microbiol*, 90 (1):23-41.
- Körner C (2003). *Alpine Plant Life*. 2 ed. Heidelberg: Springer Verlag.
- Kossmann M, Sturman A (2004). The surface wind field during winter smog nights in Christchurch and coastal Canterbury, New Zealand. *Int J Climatol*, 24 (1):93-108.
- Kostopoulou E, Jones PD (2005). Assessment of climate extremes in the eastern Mediterranean. *Meteorology And Atmospheric Physics*, 89 69-85.

- Kovats RS, Hajat S, Wilkinson P (2004). Contrasting patterns of mortality and hospital admissions during hot weather and heat waves in Greater London, UK. *Occup Environ Med*, 61 (11):893-898.
- Krüger A, U. Ulbrich, P. Speth (2002). Groundwater recharge in northrhine-westfalia by a statis-tical model for greenhouse gas scenarios. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 26 853-861.
- Kullman L (2002). Rapid recent range-margin rise of tree and shrub species in the Swedish Scandes. *J. of Ecol*, 90 68-77.
- Kundzewicz Z, Parry M (2001). Europe. In: *IPCC: Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability - The Contribution of Working Group II to the Third Scientific Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press; p. 641-692.
- Kunst A, Looman C, Mackenbach J (1993). Outdoor air temperature and mortality in The Netherlands: a time-series analysis. *Am J Epidemiol*, 137 (3):331-341.
- Kysely J (2004). Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic. *Int J Biometeorol*, 49: 91-97.
- Laaidi K (2001). Predicting days of high allergenic risk during *Betula* pollination using weather types. *Int J Biometeorol*, 45 (3):124-132.
- Langmann B, Bauer S, Bey I (2003). The influence of the global photochemical composition of the troposphere on European summer smog, Part 1: Application of a global to mesoscale model chain. *J Geophys Res - Atmos*, 108 (D4):art no. 4146.
- Laurila T et al. (2004). Trends and scenarios of ground-level ozone concentrations in Finland. *Boreal Environment Research*, 9 (2):167-184.
- Lees D (2000). Viruses and bivalve shellfish. *Int J Food Microbiol*, 59 (1-2):81-116.
- Lehner B, Czisch G, Vassolo S (2005). The impact of global change on the hydropower poten-tial of Europe: a model-based analysis. *Energy Policy*, 33 839-855.
- Lehner B et al. (2005). Estimating the impact of global change on flood and drought risks in Europe: a continental, integrated analysis. *Climatic Change*, in press.
- Lennartson G, Schwartz M (1999). A synoptic climatology of surface-level ozone in Eastern Wisconsin, USA. *Climate Research*, 13 (3):207-220.
- Levetin E (2001). Effects of climate change on airborne pollen. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 107 (2):S172-S172.
- Liang Q et al. (2004). Long-range transport of Asian pollution to the northeast Pacific: Seasonal variations and transport pathways of carbon monoxide. *J Geophys Res - Atmos*, 109 (D23):art no. D23S07.
- Lipp EK, Huq A, Colwell RR (2002). Effects of global climate on infectious disease: the cholera model. *Clinical Microbiology Reviews*, 15 (4):757.
- Lipp EK, Rose JB (1997). The role of seafood in foodborne diseases in the United States of America. *Rev Sci Tech*, 16 (2):620-640.
- Lisle JT, Rose JB (1995). *Cryptosporidium* contamination of water in the USA and UK: a mini-review. 44(3) 103-117.
- Livermore MTJ (2005). *The potential impacts of climate change in Europe: The role of extreme temperatures*. Ph.D. thesis: University of East Anglia, UK.
- López-Zafra JM, Sánchez de Tembleque L, Meneu V (2005). Impactos sobre el sector energético. In: Moreno J, editor. *Evaluación Preliminar de los Impactos en España for Efecto del Cambio Climático*. Madrid, Spain: Ministerio de Medio Ambiente; p. 617-652.
- Lozano-Leon A et al. (2003). Identification of tdh-positive *Vibrio parahaemolyticus* from an outbreak associated with raw oyster consumption in Spain. *FEMS Microbiol. Lett*, 226 281-284.
- Ludwig W et al. (2003). Evaluating the impact of the recent temperature increase on the hydrology of the Tét River (Southern France). *Journal of Hydrology*, 289 204-221.
- Mackenbach JP, Kunst AE, Looman CW (1992). Seasonal variation in mortality in The Netherlands. *J Epidemiol Community Health*, 46 (3):261-265.
- Magan M, Olsen M, eds (2004). *Mycotoxins in food: Detection and control*. Woodhead Publishing.
- Magan N et al. (2003). Post-harvest fungal ecology: Impact of fungal growth and mycotoxin accumulation in stored grain. *European Journal of Plant Pathology*, 109 (7):723-730.
- Maracchi G, Sirotenko O, Bindi M (2005). Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe. *Climatic Change*, 70 117-135.
- Marconi A (2003). [Airborne particulate matter: definitions, health effects, measurement and summary of environmental studies in Rome]. *Ann Ist Super Sanità*, 39 (3):329-342.
- Marino C, D'Ovidio M, D'Ippoliti D et al. (2006). Heterogeneity in the impact of heat on mortality by age and gender in Rome, Italy. *Proceedings of the IEA-EEF European Congress of Epidemiology*, Utrecht, The Netherlands, June 28-July 1 2006.

- Marmor M (1978). Heat wave mortality in nursing homes. *Environmental Research*, 17 (1):102-115.
- Martin B et al. (2002). Long-range transport of Asian outflow to the equatorial Pacific. *J Geophys Res - Atmos*, 108 (D2):art no 8322.
- Martin E et al. (2001). Impact of climate change on avalanche hazard. *Ann. glaciol*, 32 163-167.
- Mattei D, Bruno M (2005). Fioriture tossiche marine: nuovi sistemi di controllo e ipotesi di gestione. In: Mattei D. MS, Messineo V., Bruno M., editor. *Diffusione delle fioriture algali tossiche nelle acque italiane: gestione del rischio ed evidenze epidemiologiche. Rapporti ISTISAN 05/29*.
- McCarthy JJ, Canziani OF, Leary NA, Dokken DJ, White KS, eds. *Climate change 2001. Impacts, adaptation and vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Cambridge University Press, 2001 ([http://www.grida.no/climate/ipcc\\_tar/wg2/index.htm](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg2/index.htm)).
- McGregor GR (1999). Basic meteorology. In: Holgate ST et al., eds. *Air Pollution and Health*. San Diego: London Academic; p. 21-49.
- McMichael A, Githeko A (2001). Human population health. In: McCarthy JJ et al., eds. *Climate Change 2001. Impacts, adaptations and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York: Cambridge University Press; p. 453-485.
- McMichael AJ, Kovats RS (1998). *Assessment of the Impact on Mortality in England and Wales of the Heatwave and Associated Air Pollution Episode of 1976*. LSHTM, London.
- Meehl G, Tebaldi C (2004). More intense, more frequent and longer lasting heat waves in the 21st century. *Nature*, 305 994-997.
- Menzel L, Burger G (2002). Climate change scenarios and runoff response in the Mulde catchment (Southern Elbe, Germany). *Journal of Hydrology*, 267 (1-2):53-64.
- Mercer JB (2003). Cold-an underrated risk factor for health. *Environ Res*, 92 (1):8-13.
- Merchandani H, Pace P, Mameli AZ et al. (1993). Heat-Related Deaths -- United States, 1993. *MMWR*, 42 (28):558-560.
- Metcalf TG et al. (1979). Bioaccumulation and depuration of enteroviruses by the soft-shelled clam, *Mya arenaria*. *Appl Environ Microbiol*, 38 (2):275-282.
- Michelozzi P, Fano V, Forastiere F, Barca A, Kalkstein LS, Perucci CA. (2000a). Weather conditions and elderly mortality in Rome during summer. *World Meteorological Organization Bulletin*, 49 (4):348-355.
- Michelozzi P et al. (2000b). [Acute effects of air pollution in Rome]. *Ann Ist Super Sanità*, 36 (3):297-304.
- Michelozzi P, de' Donato F, Accetta G, Forastiere F, D'Ovidio M, Perucci CA. (2004). Impact of Heat Waves on Mortality - Rome, Italy, June-August 2003. *MMWR*, 53 (17):369-371.
- Michelozzi P et al. (2005a). The impact of the summer 2003 heat waves on mortality in four Italian cities. *Eurosurveillance*, 10 (7):161-165.
- Michelozzi P et al. (2005b). Heat waves in Italy: cause specific mortality and the role of educational level and socio-economic conditions. In: Eds. Kirch W, Menne B, Bertollini R. *Extreme weather events and Public Health Responses*. Berlin Springer.
- Michelozzi P, De Sario M, Accetta G et al. (2006a). Temperature and summer mortality: geographical and temporal variations in four Italian cities. *J Epidemiol Community Health*, 60 (5):417-423.
- Michelozzi P, Accetta G, D'Ippoliti D et al. (2006b). Short term effects of apparent temperature on hospital admissions in European cities: results from the PHEWE project. *Epidemiology*, 17 (6)Suppl:S84.
- Michelozzi P, D'Ippoliti D, Marino M et al. (2007). The health impacts of heat waves in nine European cities. *19th Annual Conference of the International Society for Environmental Epidemiology*, Mexico City, 5-9 September 2007 (submitted).
- Mickler RA, Earnhardt TS, Moore JA (2002). Regional estimation of current and future forest biomass. *Environ Pollut*, 116 Suppl 1 S7-16.
- Mickley LJ et al. (2004). Effects of future climate change on regional air pollution episodes in the United States. *Geophys.Res.Lett.*, 31.
- Ministero dell'Ambiente (2000). Classificazione dei Comuni Italiani in base al Livello di attenzione per il Rischio Idrogeologico. Available under: [http://www2.minambiente.it/Sito/pubblicazioni/COLLANA\\_RSA/Rischio\\_idrogeol.pdf](http://www2.minambiente.it/Sito/pubblicazioni/COLLANA_RSA/Rischio_idrogeol.pdf).
- Monai M (2004). Possibili conseguenze dei cambiamenti climatici sul Veneto. *Ambiente, risorse e salute*, 25-27.
- Moore K et al. (2003). Long-range transport of continental plumes over the Pacific Basin: Aerosol physiochemistry and optical properties during PEM-Tropics A and B. *Geophys Res - Atmos*, 108 (D2):art no. 8236.
- Morabito M et al. (2004). Climate change: The impact on tourism comfort at three Italian tourist sites. In: Matzarakis A, de Freitas, C.R., Scott, editor. *Advances in Tourism Climatology. Ber. Meteor. Inst. Univ. Freiburg*; p. 56-65.
- Morabito M et al. (2005). Relationships between weather and myocardial infarction: A biometeorological approach. *International Journal of Cardiology*, 105 (3):288-293.
- Morris C, Simmonds (2000). Associations between varying magnitudes of the urban heat island and the synoptic climatology in Melbourne, Australia. *International Journal of Climatology*, 20 1931-1954.



- Munkvold GP, Desjardins AE (1997). Fumonisin in maize - Can we reduce their occurrence? *Plant Disease*, 81 (6):556-565.
- Murano K et al. (2000). Trans-boundary air pollution over remote islands in Japan: observed data and estimates from a numerical model. *Atmos Environ*, 34 5139-5149.
- Nagendra S, Khare M (2003). Diurnal and seasonal variations of carbon monoxide and nitrogen dioxide in Delhi city. *International Journal of Environment and Pollution*, 19 (1):75-96.
- Naughton MP, Henderson A, Mirabelli MC, Kaiser R, Wilhelm JL, Kieszak SM et al. (2002). Heat-related mortality during a 1999 heat wave in Chicago. *Am J Prev Med*, 22 (4):221-227.
- Navarro F, Somin-Soria, Lopez-Abente G (2004). Valoración del impacto de la ola de calor del verano de 2003 sobre la mortalidad. *Gaceta Sanitaria*, 18 (Suplemento sespas).
- Nicholls RJ (2004). Coastal flooding and wetland loss in the 21st century: changes under the SRES climate and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change*, 14 (1):69-86.
- Nicholls RJ, Hoozemans F, Marchand M (1999). Increasing flood risk and wetland losses due to global sea level rise: regional and global analyses. 9 (supplement):S69-S87.
- O'Neill MS, Zanobetti A, Schwartz J (2003). Modifiers of the temperature and mortality association in seven US cities. *American Journal of Epidemiology*, 157 (12):1074-1082.
- Office for National Statistics (2003). *Summer Mortality. Deaths up in August heatwave.* <http://www.statistics.gov.uk/cci/nugget.asp?id=480>.
- Oke TR (1997). Urban climates and global environmental change. In: Thompson RD, Perry AH, eds. *Applied Climatology: principles and practice*. 0 ed. London: Routledge; p. 273-287.
- Olesen JE, Bindi M (2003). Agricultural impacts and adaptations to climate change in Europe. *Farm Policy Journal*, 1 (3):36-46.
- Olesen JE, M. Bindi (2002). Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *Eur. J. Agron*, 16 239-262.
- Olesen JE et al. (2006). Uncertainties in projected impacts of climate change on European agriculture and terrestrial ecosystems based on scenarios from regional climate models. *Climatic Change*, in press.
- Onuma Y et al. (1999). Identification of putative palytoxin as the cause of clupeotoxism. *Toxin*, 37 55-65.
- Paixao E, Nogueira PJ (2002). *Estudio da Onda de Calor de Julho de 1991 em Portugal: Efeitos na Mortalidade.* Projecto ICARO Insituti Nacional de Saude Dr. Ricardo Jorge.
- Pal Arya S (2000). Air Pollution Meteorology and Dispersion. *Bound Lay Meteorol*, 94 171-172.
- Palutikof JP, Agnew MD, Hoar MR (2004). Public perceptions of unusually warm weather in the UK: impacts, responses and adaptations. *Climate Research*, 26 (43):59.
- Pattenden S, Nikiforov B, Armstrong BG (2003). Mortality and temperature in Sofia and London. *J Epidemiol Community Health*, 57 (8):628-633.
- Patz JA et al. (1996). Global climate change and emerging infectious diseases. *JAMA*, 275 (3):217-223.
- Paul F et al. (2004). Rapid disintegration of Alpine glaciers observed with satellite data. *Geophysical Research Letters*, 31 (21): 33-44
- Penna A et al. (2005). Characterization of *Ostreopsis* and *Coolia* (Dinophyceae) isolates in the western Mediterranean sea based on Morphology, toxicity and internal transcribed spacer 5.8 r DNA sequences. *J. Phycol*, 41 212-225.
- Peñuelas J, Boada M (2003). A global change-induced biome shift in the Montseny mountains (NE Spain). *Global Change Biology*, 9 131-140.
- Peñuelas J, Filella I, Comas P (2002). Changed plant and animal life cycles from 1952 to 2000 in the Mediterranean region. *Global Change Biology*, 8 531-544.
- Peterson TC et al. (2001). *Report on the activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998-2001.* Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization.
- Post WM, Kwon KC (2000). Soil carbon sequestration and land-use change: Processes and potential. *Global Change Biol.*, 6 317-327.
- Potasman I, Paz A, Odeh M (2002). Infectious outbreaks associated with bivalve shellfish consumption: a worldwide perspective. *Clin Infect Dis*, 35 (8):921-928.
- Prather M et al. (2003). Fresh air in the 21st century? *Geophysical Research Letters*, 30 (2):art no. 1100.
- Prato R et al. (2004). Norovirus gastroenteritis general outbreak associated with raw shellfish consumption in south Italy. *BMC Infectious Diseases*, 4 (1):37.
- Prüss-Üstün A, Corvalán C (2006). *Preventing disease through healthy environments. Towards an estimate of the environmental burden of disease.* Geneva, Switzerland: World Health Organization.
- Pryor LT (2005). Relationship building and a story of hope in tsunami-ravaged Banda Aceh, Indonesia: perspective of a US Public Health Service nurse. *Am J Crit Care*, 14 (6):474-475.

- Quah E, Johnston D (2001). Forest fires and environmental haze in Southeast Asia: using the 'stakeholder' approach to assign costs and responsibilities. *J Environ Manage*, 63 (2):181-191.
- Räisänen J et al. (2004). European climate in the late twenty-first century: regional simulations with two driving global models and two forcing scenarios. *Climate Dynamics*, 22 13-31.
- Rao S et al. (2003). Summertime characteristics of the atmospheric boundary layer and relationships to ozone levels over the eastern United States. *Pure and Applied Geophysics*, 160 21-55.
- Rappengluck B et al. (2000). The evolution of photochemical smog in the Metropolitan Area of Santiago de Chile. *J Appl Meteorol*, 39 (3):275-290.
- Rasmussen A (2002). The effects of climate change on the birch pollen season in Denmark. *Aerobiologia*, 18 253-265.
- Rátz T, Vizi, T. (2004). The impacts of global climate change on water resources and tourism: The responses of Lake Balaton and Lake Tisza, Hungary. In: Matzarakis A, de Freitas, C.R., Scott, editor. *Advances in Tourism Climatology*. Ber. Meteor. Inst. Univ. Freiburg; p. 82-89.
- Renzoni E et al. (1999). Differences in parental- and self-report of asthma, rhinitis and eczema among Italian adolescents. *European Respiratory Journal*, 14 (3):597-604.
- Riotte-Flandrois F, Dechamp C (1995). New legislation from the Politique Agricole Commune passed in 1994 and its impact on the spread of ragweed. *Allerg. Immunol.*, 27 345-346.
- Ripabelli G, Sammarco ML, Grasso GM (1999). Occurrence of *Vibrio* and other pathogenic bacteria in mussels harvested from Adriatic sea. *Int. J. Food Microbiol.*, 49 43-46.
- Rippey SR (1994). Infectious diseases associated with molluscan shellfish consumption. *Clin Microbiol Rev*, 7 (4):419-425.
- Robinson R et al. (2005). *Climate Change and Migratory Species. DEFRA Research Contract CR0302. British Trust for Ornithology. Research Report 414*. UK.
- Rogers C et al. (2006). Interaction of the onset of spring and elevated atmospheric CO<sub>2</sub> on ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) pollen production. *Environ Health Perspect*, 114 (4):doi:10.1289/ehp.8549.
- Romano D et al. (2005). *Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2003. National Inventory Report 2005*. Rome: APAT-Agency for the Protection of the Environment and for Technical Services.
- Romi R, Di Luca M, Majori G (1999). Current status of *Aedes albopictus* and *Aedes atropalpus* in Italy. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 15 (3):425-427.
- Romi R et al. (2004). Potential vectors of West Nile Virus following an equine disease outbreak in Italy. *Medical and Veterinary Entomology*, 18 (1):14-19.
- Romi R, Sabatinelli G, Pontuale G (1997). *Aedes atropalpus*, a new mosquito introduced by discarded tires in Italy. *Parasite-Journal De La Societe Francaise De Parasitologie*, 4 (4):343-349.
- Romi R et al. (1997). Identification of a north American mosquito species, *Aedes atropalpus* (Diptera: Culicidae), in Italy. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 13 (3):245-246.
- Romi R, Severini F, Toma L (2006). Cold acclimation and overwintering of female *Aedes albopictus* in Roma. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 22 (1):149-151.
- Romi R et al. (2003). Susceptibility of Italian populations of *Aedes albopictus* to temephos and to other insecticides. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 19 (4):419-423.
- Rooney C, McMichael AJ, Kovats RS, Coleman MP (1998). Excess mortality in England and Wales, and in Greater London, during the 1995 heatwave. *J Epidemiol Community Health*, 52 (8):482-486.
- Rose JB et al. (2001). Climate variability and change in the United States: potential impacts on water- and foodborne diseases caused by microbiologic agents. *Environ Health Perspect*, 109 Suppl 2 211-221.
- Ryall DB et al. (2002). The origin of high particulate concentrations over the United Kingdom, March 2000. *Atmos Environ*, 36 1363-1378.
- Samaneck AJ et al. (2006). Estimates of beneficial and harmful sun exposure times during the year for major Australian population centres. *Med J Aust*, 184 (7):338-341.
- Sanchez G et al. (2002). Molecular characterization of hepatitis A virus isolates from a transcontinental shellfish-borne outbreak. *J Clin Microbiol*, 40 (11):4148-4155.
- Sandvik SM et al. (2004). Responses of alpine snowbed vegetation to long-term experimental warming. *Ecoscience*, 11 150-159.
- Sansoni G et al. (2003). Fioriture algali di *Ostreopsis ovata* (Gonyaulacales: Dinophyceae): un problema emergente. *Biologia Ambientale*, 17 (1):17-23.
- Santos FD, K. Forbes, Moita R, eds (2002). *Climate change in Portugal: Scenarios, Impacts and Adaptation Measures. SIAM project report*. Lisbon, Portugal: Gradiva.
- Sartor F. et al. (1995). Temperature, Ambient Ozone Levels, and Mortality during Summer, 1994, in Belgium. *Environmental Research*, 70 (2):105-113.
- Schar C, Jendritzky G (2004). Climate change: Hot news from summer 2003. *Nature*, 432 (7017):559-560.

- Schichtel B, Husar R (2001). Eastern North American transport climatology during high- and low-ozone days. *Atmos Environ*, 35 1029-1038.
- Schneeberger C et al. (2003). Modelling changes in the mass balance of glaciers of the northern hemisphere for a transient 2 x CO<sub>2</sub> scenario. *Journal of Hydrology*, 282 (1-4):145-163.
- Schroter D et al. (2005). Ecosystem Service Supply and Vulnerability to Global Change in Europe. *Science*, 310 (5752):1333-1337.
- Schwab KJ et al. (1998). Distribution of Norwalk virus within shellfish following bioaccumulation and subsequent depuration by detection using RT-PCR. *J Food Prot*, 61 (12):1674-1680.
- Schwartz J (2005). Who is sensitive to extremes of temperature? A case-only analysis. *Epidemiology*, 16 (1):67-72.
- Schwartz J, Samet J, Patz JA (2004). The effects of temperature and humidity on hospital admissions for heart disease. *Epidemiology*, 15 (6):755-61.
- Sciortino M et al. (2000). La lotta alla desertificazione in Italia e nel bacino del Mediterraneo. *Energia, Ambiente e Innovazione*, 2 29-40.
- Scott GM, Diab RD (2000). Forecasting air pollution potential: A synoptic climatological approach. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 50 (10):1831-1842.
- Scuderi G (2000). A review of the Salmonellosis surveillance systems in Italy: evolution during the course of time within the international framework. *Eur J Epidemiol*, 16 (9):861-868.
- Semenza J, Rubin C, Falter K et al. (1996). Heat-Related Deaths during the July 1995 Heat Wave in Chicago. *New Engl J Med*, 335 (2):84-90.
- Semenza JC, McCullough JE, Flanders WD, McGeehin MA, Lumpkin JR (1999). Excess hospital admissions during July 1995 heat wave in Chicago. *Am J Prev Med*, 16 (4):269-277.
- Shinn EA, Griffin DW, Seba DB (2003). Atmospheric transport of mold spores in clouds of desert dust. *Arch Environ Health*, 58 (8):498-504.
- Slanina S, Zhang Y (2004). Aerosols: connection between regional climate change and air quality (Iupac Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, 76 (6):1241-1253.
- Smith DE et al., eds (2000). *Sea-level Change and Coastal Processes: Implications for Europe*: European Commission, Brussels.
- Smoey KE (1998). A comparative analysis of heat waves and associated mortality in St. Louis, Missouri--1980 and 1995. *Int J Biometeorol*, 42 (1):44-50.
- Smoey KE et al. (2000a). The impacts of weather and pollution on human mortality in Birmingham, Alabama, and Philadelphia, Pennsylvania. *International Journal of Climatology*, 20 881-897.
- Smoey KE, Rainham DG, Hewko JN (2000b). Heat-stress-related mortality in five cities in Southern Ontario: 1980-1996. *Int J Biometeorol*, 44 (4):190-197.
- Solomon KR et al. (2003). Changes in tropospheric composition and air quality due to stratospheric ozone depletion. 2 (1):62-67.
- Somlyódi L (2002). *Strategic Issues of the Hungarian Water Resources Management (in Hungarian)*. Budapest, Hungary: Academy of Science of Hungary.
- Sozialministerium Baden-Wuerttemberg (2004). *Gesundheitliche Auswirkungen der Hitzewelle im August 2003*. Sozialministerium Baden-Wuerttemberg, Stuttgart.
- Spieksma FT et al. (1995). Atmospheric birch (*Betula*) pollen in Europe: trends and fluctuations in annual quantities and the starting dates of the seasons. 34 51-57.
- Stafoggia M, Forastiere F, Agostini D, et al. (2006). Vulnerability to heat-related mortality - A multicity, population-based, case-crossover analysis. *Epidemiology*, 17 (3):315-323.
- Steadman RC (1984). A universal scale of apparent temperature. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23 1674-1687.
- Stedman JR (2004). The predicted number of air pollution related deaths in the UK during the August 2003 heatwave. *Atmospheric Environment*, 38 (8):1087-1090.
- Stevenson DS et al. (2000). Future estimates of tropospheric ozone radiative forcing and methane turnover - the impact of climate change. *Geophysical Research Letters*, 27 (14):2073-2076.
- Stohl A et al. (2001). An intercomparison of results from three trajectory models. *Meteorol Appl*, 8 127-135.
- Sugieda M, Nakajima K, Nakajima S (1996). Outbreaks of Norwalk-like virus-associated gastroenteritis traced to shellfish: coexistence of two genotypes in one specimen. *Epidemiol Infect*, 116 (3):339-346.
- Suh HH et al. (2000). Criteria air pollutants and toxic air pollutants. *Environ Health Perspect*, 108 Suppl 4 625-633.
- Swift L et al. (2005). Sedimentary dynamics and coastal changes on the south coast of Ireland. *Journal of Coastal Research*, S139.
- Syri S et al. (2002). Modeling the impacts of the Finnish Climate Strategy on air pollution. *Atmos Environ*, 36 (19):3059-3069.

- Takemura T et al. (2001). Simulation of future aerosol distribution, radioactive forcing, and long-range transport in East Asia. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 79 1139-1155.
- Tanner P, Law P (2002). Effects of synoptic weather systems upon the air quality in an Asian megacity. *Water, Air and Soil Pollution*, 136 105-124.
- Tauxe R (1997). Emerging foodborne diseases: an evolving public health challenge. *Emerg. Infect. (Dis. 3)*:425-434.
- Teranishi H et al. (2000). Possible role of climate change in the pollen scatter of Japanese cedar *Cryptomeria japonica* in Japan. *Climate Research*, 14 (1):65-70.
- Theurillat J-P, Guisan A (2001). Potential impact of climate change on vegetation in the Euro-pean Alps: a Review. *Climatic Change*, 50 77-109.
- Thomas MH (2002). Energy and energy intensive industry. *Proceedings of the Living with climate change conference. Dec. 2002., Canberra.*
- Thuiller W et al. (2005). Climate change threats plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102 8245-8250.
- Tomozeiu R et al. (2000). Detection of changes in the summer precipitation time series of the region Emilia-Romagna, Italy. *Theoretical and Applied Climatology*, 67 (3-4):193-200.
- Tomozeiu R, Busuioc A, Stefan S (2002). Changes in seasonal mean maximum air temperature in Romania and their connection with large-scale circulation. *International Journal of Climatology*, 22 (10):1181-1196.
- Tomozeiu R, Lazzeri M, Cacciamani C (2002). Precipitation fluctuations during the winter season from 1960 to 1995 over Emilia-Romagna, Italy. *Theoretical and Applied Climatology*, 72 (3-4):221-229.
- Tomozeiu R, Stefan S, Busuioc A (in press). Spatial and temporal variability of the winter precipitation in Romania in connection with the large-scale circulation patterns. *International Journal of Climatology*.
- Toreti A, Desiato F (2006a). Changes in temperature extremes over Italy in the last 44 years. *Int. J. Climatology*, submitted.
- Toreti A, Desiato F (2006b). Temperature trend over Italy from 1961 to 2004. *Theor. Appl. Climatology*, in press.
- Tosteson M (2000). Chapter 25: Mechanism of action, pharmacology and toxicology. In: Botana L, editor. *Seafood and Freshwater Toxins: Pharmacology, Physiology and Detection. Food Science and Technology Series*. New York: Marcel Dekker Inc; p. 549-566.
- Trnka M et al. (2004). Projections of uncertainties in climate change scenarios into expected winter wheat yields. *Theoretical and Applied Climatology*, 77 (3-4):229-249.
- Tu F et al. (2004). Long-range transport of sulphur dioxide in the central Pacific. *J Geophys Res - Atmos*, 109 (D15):art no. D15S08.
- Unsworth J et al. (2003). Significance of the long range transport of pesticides in the atmosphere. *Pest Man Sci*, 58 314.
- Valor E, Meneu V, Caselles V (2001). Daily air temperature and electricity load in Spain. *J. Appl. Meteor.*, 40 1413-1421.
- Verlato G et al. (2003). Is the prevalence of adult asthma and allergic rhinitis still increasing? Results of an Italian study. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 111 (6):1232-1238.
- Viegi G et al. (2001). Epidemiology of chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Respiration*, 68 (1):4-19.
- Voivontas D. et al. (2003). Water supply modeling towards sustainable environmental management in small islands: the case of Paros, Greece. *Desalination*, 156 127-135.
- Wade TJ et al. (2004). Did a severe flood in the midwest cause an increase in the incidence of gastrointestinal symptoms? *Am J Epidemiol*, 159 (4):398-405.
- Wagner D (1994). Wirkungen regionaler Klimaänderungen in urbanen Ballungsräumen. In: Hupfer P, editor. *Spezialarbeiten aus der Arbeitsgruppe Klimaforschung des Meteorologischen Instituts der Humboldt-Universität zu Berlin*. Berlin: Arbeitsgruppe Klimaforschung des Meteorologischen Instituts der Humboldt-Universität zu Berlin.
- Walter MT et al. (2004). Increasing evapotranspiration from the conterminous United States. *J. Hydrometeorol.*, 5 405.
- Walther G-R (2004). Plants in a warmer world. *Perspective in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 6 169-185.
- Wayne P et al. (2002). Production of allergenic pollen by ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) is increased in CO<sub>2</sub>-enriched atmospheres. *Ann Allergy Asthma Immunol*, 88 (3):279-282.
- Webster M et al. (2002). Uncertainty in emissions projections for climate models. *Atmos Environ*, 36 (22):3659-3670.
- Weisskopf M, Anderson H, Foldy S et al. (2002). Heat wave morbidity and mortality, Milwaukee, Wis, 1999 vs 1995: an improved response? *Am J Public Health*, 92 (5):830-833.
- Weltzin JF et al. (2003). Potential effects of warming and drying on peatland plant community composition. *Global Change Biol.*, 9 141-151.
- Wheeler D (1995). Majorca's water shortages arouse Spanish passions. *Geography*, 283-286.
- WHO (1990). *Potential Health Effects of Climate Change: Report of a WHO Task Group (WHO/PEP/90/10)*. Geneva: WHO.

- WHO (2002). *World Health Report 2002. Reducing risks, promoting healthy life*. Geneva: WHO.
- WHO (2004). *European Climate Change Impact and Adaptation Assessment*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- Wibig J, Glowicki B (2002). Trends of minimum and maximum temperature in Poland. *Climate Research*, 20 (2):123-133.
- Widmann M, Schar C (1997). A principal component and long-term trend analysis of daily precipitation in Switzerland. *International Journal of Climatology*, 17 (12):1333-1356.
- Widstrom NW (1996). The aflatoxin problem with corn grain. *Advances in Agronomy, Vol 56*, 56 219-280.
- Wijngaard JB, Tank AMGK, Konnen GP (2003). Homogeneity of 20th century European daily temperature and precipitation series. *International Journal of Climatology*, 23 (6):679-692.
- Wilkinson P, Pattenden S, Armstrong B, et al. (2004). Vulnerability to winter mortality in elderly people in Britain: population based study. *BMJ*, 329 (7467):647-640.
- Wittman RJ, Flick GJ (1995). Microbial-Contamination of Shellfish - Prevalence, Risk to Human Health, and Control Strategies. *Annual Review of Public Health*, 16 123-140.
- Yan YY (2000). The influence of weather on human mortality in Hong Kong. *Social Science and Medicine*, 50 (3):419-427.
- Yarnal B et al. (2001). Developments and prospects in synoptic climatology. *International Journal of Climatology*, 21 (15):1923-1950.
- Ye F et al. (2001). Effects of temperature and air pollutants on cardiovascular and respiratory diseases for males and females older than 65 years of age in Tokyo, July and August 1980-1995. *Environ Health Perspect*, 109 (4):355-359.
- Zanon P, Chiodini E, Berra D (2000). Allergy to ragweed in northern Italy and prevention strategies. *Monaldi Arch Chest Dis*, 57 144-146.
- Zapponi GA, Marconi A (2003). [Airborne fine particles pollution and health risks estimates]. *Ann Ist Super Sanità*, 39 (3):387-394.
- Zierl B, Bugmann H (2005). Global change impacts on hydrological processes in Alpine catchments. *Water Resour. Res.*, (41): 1-13.
- Ziska LH, Caulfield F (2000). Rising CO<sub>2</sub> and pollen production of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*), a known allergy-inducing species: implications for public health. *Australian Journal of Plant Physiology*, 27 893-898.
- Ziska LH et al. (2003). Cities as harbingers of climate change: Common ragweed, urbanization, and public health. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 111 (2):290-295.
- Zwander H (2002). Der Pollenflug im Klagenfurter Becken (Kaernten) 1980-2000. *Carinthia II*, 192 197-214.

## Lista degli Autori

### **APAT**

Franco Desiato  
Domenico Gaudioso  
Luciana Sinisi  
Andrea Toreti

### **ARPA Umbria**

Angiolo Martinelli

### **Centro Interdipartimentale di Biotecnologia Università di Firenze**

Marco Bindi  
Lorenzo Cecchi  
Marco Morabito  
Marco Moribondo  
Simone Orlandini

### **Dipartimento di Epidemiologia ASL Roma E**

Francesca de'Donato  
Manuela De Sario  
Francesco Forastieri  
Ursula Kirchmayer  
Paola Michelozzi  
Carlo A. Perucci

### **Centro euromediterraneo per i Cambiamenti Climatici - INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)**

Antonio Navarra

### **Istituto Superiore di Sanità**

Monica Francesca Blasi  
Mario Carere  
Luciana Croci  
Valentina Della Bella  
Enzo Funari  
Giancarlo Majori  
Laura Mancini  
Stefania Marcheggiani  
Francesco Mattera  
Marina Miraglia  
Roberto Romi  
Mara Stefanelli

### **Organizzazione Mondiale della Sanità Regione Europea**

Roberto Bertollini  
Bettina Menne  
Tanja Wolf